

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Návrh a realizace telemonitorovacího systému pro diabetologické ordinace

Design and Implementation of a Telemonitoring System for Diabetic Centre

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Roman**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3901T009 Biomedicínské inženýrství

Téma: **Návrh a realizace telemonitorovacího systému pro diabetologické ordinace**
Design and Implementation of a Telemonitoring System for Diabetic Centre

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je vytvoření asynchronního telemonitorovacího systému, který umožní lékařům – diabetologickému pracovišti odborné sledování pacientů s onemocněním diabetes mellitus. Tento systém umožní integrovat, synchronizovat a dávkově zpracovávat velkoobjemová data ze selfmonitorovacích a jiných diagnostických zařízení. Realizace systému umožní další vývoj prediktivního softwaru pro včasný záchyt rizikových pacientů, u kterých může dojít k rozvoji sekundárních komplikací diabetu. Telemedicínský typ zdravotní péče (tj. bez přímého osobního kontaktu pacienta s lékařem nebo zdravotní sestrou) sníží nejen četnost návštěv pacienta na odborném diabetologickém pracovišti, ale zejména přispěje k lepší kompenzaci diabetu, motivaci pacientů a snížení stále se zvyšujících nákladů na léčbu tohoto onemocnění. Jednotný systém umožní rychlejší mezioborovou komunikaci mezi diabetologem, praktickým lékařem, edukačním pracovníkem, nutričním terapeutem ad.

1. Literární, softwarová a patentová rešerše k zadané problematice.
2. Patofyziologie a klinická fyziologie onemocnění diabetes mellitus, patofyziologie sekundárních komplikací diabetu (chronických a akutních) a možnosti snížení incidence, léčba diabetu a jeho úskalí, náklady na léčbu onemocnění z prostředků veřejného zdravotnictví.
3. Vytvoření algoritmizační a datové struktury telemonitorovacího systému s pracovním názvem „DiaCareTel“.
4. Vývoj softwarového prostředí pro telemetrické zpracování velkoobjemových diagnostických dat (přenos, synchronizace, úložiště – cloud/server, datový postprocessing – analýza časových řad a statistické zpracování, grafické zpracování dat, trendové křivky, uživatelské rozhraní).
5. Vývoj skórovacího systému a návrh algoritmu prediktivního modelu pro další vývoj.
6. Testování telemonitorovacího prostředí na reálných datech a zhodnocení přínosnosti navrženého technického řešení koncovým uživatelem (lékař diabetolog).

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MOHAN, Viswanathan a Ranjit UNNIKRISHNAN. *World Clinics: Diabetology - Complications of Diabetes: Complications of Diabetes*. JP Medical, 2018. ISBN 978-9352501649.
- [2] LATIFI, Rifat. *Current principles and practices of telemedicine and e-health*. Washington, DC: Ios Press, c2008. ISBN 978-1586038069.
- [3] BARDY, Philippe. *The Human Challenge of Telemedicine: Toward Time-sensitive and Person-*

centered Ethics in Home Telecare. Elsevier, 2018. ISBN 978-0081028926.

[4] WATSON, Ronald Ross a Betsy DOKKEN. *Glucose Intake and Utilization in Pre-Diabetes and Diabetes: Implications for Cardiovascular Disease*. Elsevier, 2014. ISBN 978-0128005798.

[5] SCHMIDT, Joachim W. a Michael L. BRODIE. *Relational Database Systems: Analysis and Comparison*. Springer Science & Business Media, 2012. ISBN 978-3642688478.

[6] GALIBUS, Tatiana, Viktor V. KRASNOPROSHIN, Robson DE OLIVEIRA ALBUQUERQUE a Edison PIGNATON DE FREITAS. *Elements of Cloud Storage Security: Concepts, Designs and Optimized Practices: SpringerBriefs in Computer Science*. Springer, 2016. ISBN 978-3319449623.

[7] WOLFGANG, Kirsten. *Caché*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 978-8025104910.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Iveta Bryjová**

Datum zadání: 01.09.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019




doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

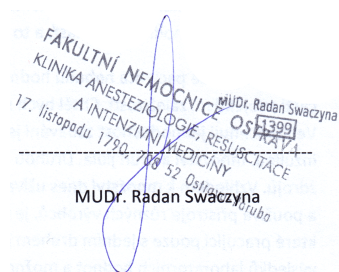
Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 30. dubna 2019


.....

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě 30. dubna 2019



Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucí diplomové práce, Ing. Ivetě Bryjové, za pomoc při návrhu struktury realizovaného programu a za vedení práce. Zároveň děkuji kolektivu lékařů, MUDr. Jitce Homolové, MUDr. Naděždě Filákové, MUDr. Jiřímu Strnadelovi a MUDr. Radanu Swaczynovi za připomínky k funkčnosti, čas strávený při návrhu funkcionalit a testování lékařské části systému.

Poděkování patří také Mgr. Vlastimilu Milatovi za poskytnutí cenných rad s důležitými informacemi. Především však za zajištění dlouholeté edukace v oblasti problematiky onemocnění diabetes mellitus.

Abstrakt

Problematika zpracování, zálohování, sdílení a vhodné prezentace dat u pacientů s chronickým onemocněním diabetes mellitus byla hlavním námětem při vzniku tématu diplomové práce. Řešení obnášelo nastudování mechanismů využívaných při léčbě a dalších spojitostí zasahující až do úrovně veřejného zdravotnictví, používané technologie zdravotnických prostředků či bezpečné manipulace s citlivými daty.

Ve spolupráci s diabetologickými ambulancemi proběhlo vytvoření návrhů a požadavků na strukturu a funkcionality programového vybavení, které je předmětem realizace v praktické části diplomové práce. Účelem aplikace je evidence záznamů fyziologických hodnot a provedených činností během léčebného režimu pacienta. Podmínku zajišťující přístup k uživatelským datům v reálném čase poskytuje synchronizace dat a telemedicínský přístup k datům ze strany lékaře nebo jiného zdravotnického personálu.

Se souhlasem zúčastněných osob proběhlo uživatelské testování programového vybavení s využitím reálných dat. Zúčastnili se jej lékaři pracující především v oblasti diabetologie a náhodně selektovaní pacienti.

Klíčová slova: elektronické zdravotnictví, diabetes mellitus, Java, telemedicínský systém, sekundární komplikace

Abstract

The problem of processing, backing up, sharing and the correct presentation of data of patients with a chronic disease diabetes mellitus was the main rationale behind choosing the theme of the diploma thesis. To suggest a solution, research on mechanisms used for a treatment and many other things linked with it, reaching the levels of public health care, technologies used by medical equipment or safe handling of sensitive data has been conducted.

With the cooperation of diabetic ambulances, there have been proposals and requests made on the structure and functions of the software equipments, which will be discussed in the practical part of this diploma thesis. The purpose of applying this is to collect records of physiological values and previous treatments of the patient. The synchronisation of data and telemedicine user access from patients, doctors or medical staff enables to access and view this data in a real time.

With the permission of individuals who took part, testing of this software equipment, using real data has been conducted. Doctors specialised mostly in diabetology and randomly selected patients took part in this testing.

Key Words: eHealth, diabetes mellitus, Java, telemedicine system, secondary complications

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	11
Seznam obrázků	12
Seznam tabulek	13
1 Úvod	14
2 Literární, softwarová a patentová rešerše	15
2.1 Globální trendy v komplikacích diabetu: recenze aktuálních důkazů	15
2.2 Kontrola glykemie a mikrovaskulární komplikace u dospělých s diabetes mellitus 1. typu a dlouhodobě léčených pro celiakii: studie případů a kontrol	16
2.3 Prediktory renálních komplikací u pediatrických pacientů s diabetes mellitus 1. typu: prospektivní kohortová studie	17
2.4 Glykovaný hemoglobin a výsledky srdečního selhání (od Get With the Guidelines - Heart Failure)	18
2.5 Třicetiletá studie ekonomické účinnosti alternativních přístupů pro dosažení vynikající kontroly glykemie u pacientů s diabetes mellitus 1. typu: simulace ekonomiky zahrnující výsledky řízení diabetu a komplikací/epidemiologie a zakročení proti diabetu a jeho komplikacím	19
2.6 Telemedicína při řízení diabetes mellitus 1. typu	20
2.7 Telemedicína při řízení kontroly glykemie a klinických výstupů při diabetes mellitus 1. typu: systematický přehled a meta-analýza randomizovaných kontrolovaných studií	21
2.8 Shrnutí rešerše	22
3 Anatomie, fyziologie a patofyziologie diabetes mellitus	23
3.1 Anatomický rozbor	23
3.1.1 Pankreas	23
3.2 Fyziologický princip regulace glykemie	25
3.2.1 Diabetes mellitus 1. typu	26
3.2.2 Diabetes mellitus 2. typu	27
3.3 Akutní život ohrožující stavy	28
3.3.1 Hypoglykemie	28
3.3.2 Hyperglykemie a ketoacidóza	28
3.4 Chronické patofyziologické aspekty diabetu	29
3.4.1 Diabetická nefropatie	30
3.4.1.1 Definice a etiologie	30

3.4.1.2	Prevence a léčba	30
3.4.2	Diabetická neuropatie	31
3.4.2.1	Příčiny poškození	32
3.4.2.2	Medikace	32
3.4.3	Diabetická retinopatie	33
3.4.3.1	Patogeneze	33
3.4.3.2	Preventivní a léčebná opatření	34
4	Současné trendy v léčbě	36
4.1	Diagnostické prostředky	36
4.1.1	Glukometry	36
4.1.2	Kontinuální monitoring glykemie	37
4.1.2.1	Abott FreeStyle Libre	38
4.1.2.2	Medtronic Enlite	39
4.1.2.3	Dexcom G5	40
4.2	Terapeutické prostředky	40
4.2.1	Druhy inzulinů	40
4.2.2	Inzulinová pera	42
4.2.3	Inzulinové pumpy	43
4.3	Terapeutické programové vybavení	44
4.3.1	FreeStyle Libre Software	44
4.3.2	Medtronic CareLink	45
4.3.3	Dexcom G5 Mobile	46
4.4	Spotřební materiál	47
4.4.1	Úhrady z veřejného zdravotního pojištění	48
5	Realizace telemedicínského monitorovacího systému	50
5.1	Telemedicína a eHealth	50
5.2	Vznik konceptu telemedicínského systému	50
5.3	Použité nástroje a knihovny	51
5.4	Tvorba grafického uživatelského rozhraní a funkcionalit	53
5.4.1	Pacientská část	54
5.4.2	Lékařská část	56
5.5	Algoritmizace	58
5.5.1	Uživatelské role a přihlášení do aplikace	59
5.5.2	Zajištění synchronizace dat skrze Dropbox	60
5.5.3	Vykreslení ovládacích prvků v hlavním okně	61
5.5.4	Záznam hodnot do databáze (práce s databázovým souborem)	62
5.5.5	Edukační moduly	64
5.5.6	Automatizovaný import ze zdravotnické techniky	64

5.5.7	Komunikační modul	65
5.6	Návrh dalšího vývoje aplikace	66
6	Testování v reálném provozu	68
6.1	Sběr diagnostických a terapeutických dat	68
6.2	Retrospektivní analýza lékařským pracovníkem	68
6.3	Výsledky testování	69
7	Závěr	71
	Literatura	72
	Přílohy	76
A	Schéma funkcí v aplikaci	76
B	Třídní diagramy	78
C	Testování lékaři v reálném provozu	80

Seznam použitých zkratek a symbolů

BMI	– body mass index
CGM	– continuous glucose monitoring
csv	– comma separated values
DM	– diabetes mellitus
HbA _{1C}	– glykovaný hemoglobin
HTML	– hypertext markup language
ICT	– information and communication technologies
IU	– international unit
mmol/l	– jednotka látkového množství v objemu
NFC	– near field communication
pdf	– portable document format
SQL	– structured query language
SZP ČR	– Svaz zdravotních pojišťoven České republiky
USB	– universal serial bus
VZP ČR	– Veřejná zdravotní pojišťovna České republiky
XML	– extensible markup language

Seznam obrázků

1	Uložení slinivky v břišní dutině [14]	23
2	Langerhansovy ostrůvky, barvení hematoxylin-eosin [15]	25
3	Hormonální regulace hladiny glukózy v krvi [24]	26
4	Oblasti s nejčastější dysfunkcí nervových vláken [19]	32
5	Řez okem bez funkčních změn a okem s retinopatií [21]	34
6	Přístroj pro stanovení okamžité koncentrace glukózy v krvi [27]	37
7	Senzor FreeStyle Libre a čtečka [28]	39
8	Křivky působení různých typů inzulinů na trhu [26]	41
9	Inzulinové pera s pamětí aplikovaných dávek [30]	43
10	Inzulinová pumpa se spotřebním materiálem [31]	44
11	Prezentace dat průběhu glykemické křivky softwarem FreeStyle Libre [28]	45
12	Zpracování dat z CGM chytrými zařízeními [29]	47
13	Výběr uživatelské role při spuštění aplikace	53
14	Prostředí přehledu patientských zaznamenaných hodnot	55
15	Přehled zaznamenaných hodnot v lékařské části programu	57
16	Schéma použité třívrstvé architektury	59
17	Diagram aktivity přihlášení do aplikace	60
18	Schéma dostupných aplikačních modulů v závislosti na uživatelské roli	62
19	Sekvenční diagram uložení glykemie do databázového souboru	63
20	Schéma práv uživatelů v komunikačním modulu	66
21	Schématické znázornění prostředí v aplikaci	76
22	Vývojový diagram uložení dat do databáze	77
23	Diagram tříd vykreslení hlavního okna	78
24	Databázový třídní diagram	79
25	Městská nemocnice Ostrava, Dětská diabetologicko–endokrinologická ambulance	80
26	Fakultní nemocnice Ostrava, Klinika dětského lékařství	81
27	Fakultní nemocnice Ostrava, Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny	82

Seznam tabulek

1	Porovnání kontinuálních monitorů glykemie, [27, 28, 29]	40
2	Přehled množstevního nároku na zdravotnické pomůcky, [23, 32, 33]	48
3	Seznam patientských uživatelských účtů v aplikaci	68
4	Seznam lékařských uživatelských účtů v aplikaci	69
5	Přístupový Dropbox klíč ke cloudu	69

1 Úvod

První zmínky o onemocnění diabetes mellitus sahají do 16. století před naším letopočtem. Převratný objev nastal až v 19. století našeho letopočtu, kdy Paul Langerhans objevil a popsal ostrůvky nacházející se v pankreatu. Později lékaři popsali souvislosti mezi těmito ostrůvky a diabetem, což vedlo k objevu hormonu inzulinu, který je produkován β -buňkami nacházející se právě v Langerhansových ostrůvcích. Roku 1921 se datuje skutečnost, kdy započala první úspěšná léčba člověka, a to aplikací inzulinu extrahovaného ze psiho pankreatu.

Dle Mezinárodní Diabetologické Federace se v současné době v globálním měřítku vyskytuje diabetes u 425 milionu obyvatel a trend se neustále zvyšuje. V České republice se jedná přibližně o 1 milion obyvatel, přičemž přibližně u 90 % z nich se vyskytuje diabetes mellitus 2. typu. Tento vysoký výskyt diabetu vede k neustálému vývoji technologií a pomůcek, který tak pokračuje až do současné doby. Jedná se o výzkum v oblasti farmacie, infuzní techniky či metod při diagnostice. Doba digitalizace a samotné biomedicínské inženýrství má v tomto směru zajisté velký vliv na podobu a funkcionality současných pomůcek pro léčbu či vyhodnocení a zpracování dat.

Teoretická část diplomové práce klade důraz na teoretický rozbor možných patologických projevů diabetu. Výstupem je pak praktická realizace programového vybavení určeného pro použití ve zdravotnickém zařízení, a to buď přímo ošetřujícím lékařem, nebo nutričním terapeutem či jiným specialistou. Mezi definované funkcionality patří komunikace s moderními diagnostickými přístroji pro snadný import dat, komunikace a synchronizace dat mezi pacientem a koncovým uživatelem skrze webové úložiště, vyhodnocení míry kompenzace pacienta atd. Výstupem této práce je tedy komplexní telemedicínský systém pro využití v diabetologii, díky kterému lze redukovat počet návštěv pacienta v ordinaci, ale také lze využít k okamžité analýze dat při výskytu náhlých anomálií v glykemické křivce. Tyto jevy mohou v dlouhodobém měřítku vést ke vzniku sekundárních komplikací diabetu a tím snížit kvalitu života pacientů. Cílem všech pacientů i lékařů je minimalizace rizika vzniku komplikací a telemedicínský systém může být při vhodném použití užitečným prostředkem.

Součástí diplomové práce je rešerše dané problematiky a teoretický rozbor z hlediska anatomického, fyziologického a patofyziologického. Pro účel nastudování potřebných podkladů byly vybrány moderní knižní tituly a elektronické články za pomoci meziknihovní výpůjční služby Ústřední knihovny Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Obsažen je také popis současně používaných prostředků pro diagnostiku a terapii, rozbor finanční náročnosti léčby pro zdravotní pojišťovny a samotný popis realizace programového vybavení. V samotném závěru řešení práce proběhl výběr pacientů, kteří anonymizovaným způsobem provedli testování s reálnými daty získanými během léčby. Pro testování lékařské části byli osloveni lékaři v oblasti diabetologie ze zdravotnických zařízení Fakultní nemocnice Ostrava a Městská nemocnice Ostrava. Tito lékaři provedou zhodnocení přínosnosti aplikace s využitím dat od spolupracujících pacientů. [22, 23]

2 Literární, softwarová a patentová rešerše

Rešeršní část diplomové práce byla vytvořena faktografickou formou s využitím elektronických článků dostupných za pomoci internetových digitálních knihoven a elektronických databází Web of Knowledge, Scopus, IEEE Xplore Digital Library a PubMed. Přístup k těmto zdrojům byl umožněn s využitím Ústřední knihovny Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Předmětem zájmu jsou aktuální poznatky z oblasti vzniku komplikací u pacientů s diabetes mellitus, jejich předcházení, ale také možnosti přínosu telemedicínských systémů. S ohledem na tuto skutečnost byla volena klíčová slova tak, aby vystihla charakter článků. Kritérium při výběru článků byl také rok vydání 2017 a vyšší, čímž je zajištěn aktuální stav řešené problematiky.

2.1 Globální trendy v komplikacích diabetu: recenze aktuálních důkazů

Topic: Global trends in diabetes complications: a review of current evidence

Author: Jessica L. Harding, Meda E. Pavkov, Dianna J. Magliano, Jonathan E. Shaw, Edward W. Gregg [1]

Keywords: complications, epidemiology, review, trends

Published: Diabetologia, 2019

Prevalence diabetu má v posledních desetiletích stále rostoucí tendenci. Výskyt onemocnění má za příčinu změnu charakteristických epidemiologických projevů, ať už se jedná o komplikace spojené s diabetem, nebo různé druhy infekcí a kardiovaskulární onemocnění. Mnohé aktuální studie naznačují snížení incidence sekundárních komplikací diabetu, jedná se ovšem o studie převážně z vyspělých zemí. Cílem studie je analýza dlouhodobých a krátkodobých trendů a porovnání regionálních rozdílů ve vztahu k riziku vzniku sekundárních komplikací.

Základní rozdělení sekundárních komplikací diabetu lze vyjádřit dle mikrovaskulárního a makrovaskulárního charakteru. Mezi makrovaskulární onemocnění lze zařadit kardiovaskulární onemocnění, z něhož největší četnost má u pacientů s diabetem akutní infarkt myokardu a cévní mozková příhoda. Četnost makrovaskulárních chorob se za posledních 20 let snížila přibližně o polovinu, přesto je riziko vzniku u diabetiků 3x vyšší a jedná se o nejčastější příčinu úmrtí. Do skupiny mikrovaskulárních onemocnění patří diabetická neuropatie, nefropatie či retinopatie. Následky mohou být např. částečná amputace končetin, selhání funkce ledvin a slepota. V četnostech výskytu těchto komplikací existují značné rozdíly dle geografické polohy. Ve stejném časovém horizontu došlo ke snížení výskytu v rozmezí jednotek až desítek procent, ovšem v některých vývojových zemích došlo k nárůstu incidence. Drobné rozdíly byly také pozorovány v závislosti na etnickém původu pacientů. Díky neustálému vývoji a zlepšení techniky léčebných pomůcek byly také zaznamenány nižší četnosti makrovaskulárních i mikrovaskulárních chorob u pacientů diagnostikovaných v pozdějších letech, než např. v 50. letech minulého století.

V rámci studie byly zjištěny klíčové informace o četnosti výskytu sekundárních komplikací provázené onemocněním diabetes mellitus. Až na nepatrné výjimky dochází v posledních letech ke

snížení počtu prevalence, ovšem trend je silně závislý na oblasti, ve kterých je analýza prováděna. Je to dáno dostupností léčebných prostředků, kvalitou péče o pacienty, ale také především stavem ekonomiky a zdravotnictví v dané zemi. Nejpřívětivější výsledky dosahují oblasti vyspělých zemí nacházející se v Evropě a severní Americe. Počet studií provedených v oblastech rozvojových zemí je však velmi nízký, proto nelze stav výskytu v globálním měřítku definovat. Tento stav je navíc ztížen absencí standardizovaného systému pro podávání zpětné vazby o kompenzaci diabetu a vzniku sekundárních komplikací.

2.2 Kontrola glykemie a mikrovaskulární komplikace u dospělých s diabetes mellitus 1. typu a dlouhodobě léčených pro celiakii: studie případů a kontrol

Topic: Glycemic control and microvascular complications in adults with type 1 diabetes and long-lasting treated celiac disease: A case-control study

Author: Annalisa Creanza, Roberta Lupoli, Erminia Lembo, Nicola Tecce, Giuseppe Della Pepa, Gianluca Lombardi, Gabriele Riccardi, Procolo Di Bonito, Brunella Capaldo [2]

Keywords: type 1 diabetes, celiac disease, glomerular filtration rate, glycemic control, microvascular complications

Published: Diabetes Research and Clinical Practice, 2018

Často bývá u pacientů s diabetes mellitus diagnostikována taktéž glutenová enteropatie (celiakie), kterou je nutno léčit tzv. bezlepkovou dietou. Četnost výskytu je odlišná u různých populací a dosahuje až 8 %. Jedná se o chronický zánět tenkého střeva, přičemž organismus je intolerantní k přijímání glutenů, jenž se přirozeně nachází v obilovinách. Studie zkoumá vliv vzniku onemocnění v závislosti na kompenzaci diabetu u skupiny pacientů s onemocněním diabetes mellitus a kombinací diabetes mellitus provázející glutenovou enteropatií. Jako hlavní ukazatel kompenzace diabetu je zkoumána hodnota glykovaného hemoglobinu HbA_{1C} , jehož hodnota je porovnávána u jednotlivých skupin pacientů.

Obecně je diabetes mellitus spojen s vysokým rizikem vzniku dalších autoimunitních onemocnění, přičemž glutenová enteropatie je zastoupena nejčastěji. V některých dřívějších studiích bylo poukázáno na vztah mezi vyššími hodnotami HbA_{1C} a častějšími hypoglykemiemi u pacientů s celiakií, některé studie však souvislost vyvrátily a dokonce prokázaly opačný charakter, tzn. u pacientů s lepší kompenzací byla četnost výskytu celiakie vyšší. Při nedodržení bezlepkové diety však může dojít k nestabilní absorpci sacharidů v tenkém střevě, což má za následek obtížné udržení glykemie v referenčních mezích. U obou skupin pacientů byla také provedena analýza a porovnání četnosti mikrovaskulárních komplikací (projevy hypertenze, retinopatie, nefropatie a neuropatie).

Dle statistických vyhodnocení bylo zjištěno, že diastolický krevní tlak je statisticky významně nižší u pacientů s onemocněním diabetes mellitus a zároveň celiakií. U těchto pacientů byl v drtivé většině diagnostikován diabetes a následně s odstupem času celiakie. Rozdíl v kompenzaci

diabetu dle střední hodnoty HbA_{1C} však nebyl mezi jednotlivými skupinami statisticky významný. Zajímavým zjištěním byla značně nižší hodnota rychlosti glomerulární filtrace u skupiny s celiakií, což značí větší počet onemocnění diabetickou nefropatií. V případě ostatních projevů sekundárních komplikací diabetu měly obě skupiny srovnatelné výsledky a lze tedy tvrdit, že obě skupiny pacientů mají přibližně stejné riziko ke vzniku některé z komplikací. Tato skutečnost je přisuzována výskytem srovnatelných hodnot HbA_{1C}, které jsou odrazem kompenzace diabetu za období posledních 120 dní (dle životnosti erytrocytů v krvi).

2.3 Prediktory renálních komplikací u pediatrických pacientů s diabetes mellitus 1. typu: prospektivní kohortová studie

Topic: Predictors of renal complications in pediatric patients with type 1 diabetes mellitus: A prospective cohort study

Author: Giuseppe d'Annunzio, Andrea Beccaria, Angela Pistorio, Enrico Verrina, Nicola Minuto, Roberto Pontremoli, Alberto La Valle, Mohamad Maghnie [3]

Keywords: type 1 diabetes mellitus, childhood-onset diabetic microangiopathy, risk factors, epidemiology, diabetic nephropathy

Published: Journal of Diabetes and Its Complications, 2018

Diabetická nefropatie je poškození ledvin, při kterém dochází k exkreci albuminu (bílkoviny) skrze moč v důsledku poškození morfologické struktury ledvinových glomerulů. Ty nejsou schopny z důvodu poškození správně filtrovat prvotní moč a dochází tedy k propouštění bílkoviny do vylučované moči. V případě nadlimitních výskytů hovoříme o mikroalbuminurii (do 300 mg/-den) a v závažnějších případech o proteinurii. Studie se zabývá výskytem diabetické nefropatie u dětských pacientů s cílem definovat aspekty, které mohou ovlivnit vznik této sekundární komplikace. Pravděpodobnost onemocněním diabetes mellitus je nejvyšší v období dětského věku nebo dospívání, proto byla zvolena skupina pacientů právě v tomto věkovém rozmezí. Pacienti, u nichž proběhne diagnóza právě v dětském věku, jsou s rostoucí délkou onemocnění vystaveni vyššímu riziku vzniku mikrovaskulárních a makrovaskulárních komplikací. Princip studie spočíval v retrospektivní analýze diagnostických dat, např. koncentrace HbA_{1C} v posledních letech nebo také hodnoty vyšetření vzorků moči pro mikroalbuminurii.

Do studie bylo zapojeno 137 pacientů, u nichž se v 16 případech vyskytovala diabetická nefropatie. Dle studie bylo zjištěno, že délka trvání diabetu, než se vyskytne tato komplikace je přibližně 24 let. V drtivé většině případů se u pacientů v brzkých stádiích vyskytovala přetrvávající mikroalbuminurie s následným poklesem funkce ledvin až do celkového renálního onemocnění či selhání. Lze tedy tvrdit, že výskyt albuminu v moči i v nepatrném množství značí vysoké riziko pozdějšího vzniku diabetické nefropatie, a to v řádu i několika desítek let. Vyšetření mikroalbuminurie se tak stalo standardním nástrojem pro diagnostiku diabetické nefropatie i přesto, že k poškození funkce ledvin může dojít i bez jakéhokoli výskytu albuminu v moči. U každého pacienta by proto mělo proběhnout minimálně 1x ročně vyšetření moči. Současně

byly často u pacientů s mikroalbuminurií pozorovány počáteční příznaky poškození sítnice, tzn. vznik diabetické retinopatie, kdežto výskyt dalších sekundárních komplikací nebyl zaznamenán.

Za spolehlivý prediktor onemocnění diabetickou neuropatií lze označit věk při diagnostice diabetu, kdy prepubertální diagnostika značí nejmenší riziko vzniku, než diagnostika peripubertální. Statisticky nejvýznamnější prediktor je však střední hodnota glykovaného hemoglobinu HbA_{1C} z několika posledních laboratorních vyšetření. Prvotní projevy nefropatie jsou jen těžko odhalitelné a míru poškození ledvin lze roztrždit do pěti stádií, přičemž příznaky pro sekundární komplikaci diabetu se projevují až ve třetí fázi. Autoři také zmiňují, že HbA_{1C} nemusí vždy vypovídat jednoznačně o míře kompenzace diabetu, byť se jedná o osvědčenou a často používanou metodu. V tomto případě je zapotřebí využít jiné ukazatele kompenzace, např. retrospektivní vyhodnocení dlouhodobých hodnot a trendů glykemií. Naopak i u výborně kompenzovaných diabetiků se lze setkat s výskytem poškození ledvin, což může být způsobeno mj. hypertenzí či zvýšenou hladinou triglyceridů nebo cholesterolu v krvi.

2.4 Glykovaný hemoglobin a výsledky srdečního selhání (od Get With the Guidelines - Heart Failure)

Topic: Glycated Hemoglobin and Outcomes of Heart Failure (from Get With the Guidelines-Heart Failure)

Author: Justin B. Echouffo-Tcheugui, Shubin Sheng, Adam D. DeVore, Roland A. Matsouaka, Adrian F. Hernandez, Clyde W. Yancy, Paul A. Heidenreich, Deepak L. Bhatt, Gregg C. Fonarow [4]

Keywords: glycated hemoglobin, heart failure

Published: The American Journal of Cardiology, 2019

Selhání srdce se v současné době vyskytuje s relativně velkou incidencí, přičemž riziko vzniku srdeční choroby je u pacientů s diabetem několikanásobně vyšší. Zpravidla se však tyto komplikace projevují jako jedny z posledních v pokročilém věku života, avšak tendence naznačuje snižování věku, ve kterém se objevují prvotní indikace. Autoři studie opět pohlíží na glykovaný hemoglobin jako hlavní ukazatel kompenzace diabetu. Zkoumán byl vliv při jeho vysokých hodnotách, znamenající nedostatečnou kompenzací, na riziko vzniku srdečních chorob či úplného selhání. Velice dlouhou dobu byl diabetes spojován pouze s prodloužením doby hospitalizace pacienta při vzniku kardiologických obtíží. Studie se však zabývá možnou korelací s úmrtností pacientů během hospitalizace, ale i v prvním měsíci či prvním roce po propuštění z nemocničního zařízení.

Do studie bylo zapojeno téměř 42 tisíc pacientů různého věku a pohlaví, kteří měli v minulosti diagnostikován diabetes mellitus a později srdeční onemocnění. Rozdělení pacientů bylo provedeno do skupin dle normálních, zvýšených a vysokých hodnot HbA_{1C} . Dále byla vzata v potaz historie léčby diabetu, předchozí srdeční či jiné vaskulární onemocnění, věk, pohlaví, rasa, kouření a další sekundární komplikace diabetu. Závažnost srdečního onemocnění také mohly

ovlivnit faktory, jako je např. region původu pacienta, typ nemocnice, ve které byl léčen atd. Skupina pacientů s fyziologickými hodnotami HbA_{1C} byla zvolena jako referenční skupina. Ve zbylých skupinách se u pacientů častěji vyskytovaly vysoké hodnoty indexu tělesné hmotnosti (BMI), předchozí prodělané infarkty, katetrizace koronárních artérií či dialýza. Tyto skutečnosti mohou mít také podíl na vzniku komplikací. Mortalita do jednoho roku po diagnostice srdeční choroby byla zjištěna přibližně u poloviny pacientů starších 65 let. U mladých pacientů byly zjištěny statisticky nevýznamné rozdíly pravděpodobnosti vzniku srdeční choroby v závislosti na míře kompenzace diabetu dle HbA_{1C} mezi jednotlivými kontrolními skupinami. Dle výsledků studie lze tedy usoudit, že riziko vzniku srdečního onemocnění je závislé především na délce onemocnění diabetem a věku pacienta, ale současně na dalších okolnostech, mezi které patří celkové dodržování životosprávy, a to nejen v oblasti diabetologie.

2.5 Třicetiletá studie ekonomické účinnosti alternativních přístupů pro dosažení vynikající kontroly glykemie u pacientů s diabetes mellitus 1. typu: simulace ekonomiky zahrnující výsledky řízení diabetu a komplikací/epidemiologie a zakročení proti diabetu a jeho komplikacím

Topic: The 30-year cost-effectiveness of alternative strategies to achieve excellent glycemic control in type 1 diabetes: An economic simulation informed by the results of the diabetes control and complications trial/epidemiology of diabetes interventions and complications (DCCT/E-DIC)

Author: William H. Herman, Barbara H. Braffett, Shihchen Kuo, Joyce M. Lee, Michael Brandle, Alan M. Jacobson, Lisa A. Prosser, John M. Lachin [5]

Keywords: type 1 diabetes, multiple daily injections, insulin pump therapy, continuous glucose monitoring, cost-effectiveness

Published: Journal of Diabetes and Its Complications, 2018

Intenzifikovaný inzulínový režim vyžaduje prakticky každodenní pravidelné aplikace inzulínu, měření glykemií a další nezbytné záležitosti. Pro diagnostiku i terapii jsou využívány metody, k jejichž provozu je zapotřebí značné množství zdravotnického spotřebního materiálu. Tento materiál má velmi specifický charakter a je určen výhradně pro použití při léčbě diabetu. Vztah mezi jednotlivými typy diabetu a mírou spotřeby materiálu se může velmi výrazně lišit. Cílem studie je simulace a porovnání finanční efektivity různých metod léčby a průzkumem, zda jsou metody schopny poskytnout dostatečnou kontrolu diabetu, či nikoliv. Studie vznikla retrospektivní analýzou dat a porovnává konvenční způsoby léčby, které se během několika desítek let rapidně změnily, s moderními léčebnými postupy. Přednostně se studie zaměřuje na onemocnění diabetes mellitus 1. typu, u kterého je spotřeba zdravotnického materiálu nejvyšší a z hlediska zdravotní pojišťovny také nejnákladnější. V případě, že se u pacienta projeví některá ze sekun-

dárních komplikací, znamená to vynaložení dalších finančních zdrojů a zpravidla také celkové zhoršení kvality života.

Mezi pomůcky pro diagnostické účely se primárně řadí glukometr pro měření glukózy z kapilární krve. Příslušenství tohoto přístroje čítá diagnostické proužky a odběrové lancety. Moderní způsob měření koncentrace glukózy v krvi se provádí pomocí aplikovatelného senzoru do podkoží na dobu řádově několika dní, přičemž je nutno provádět kalibraci za použití glukometru. Pacient by měl také provádět pravidelnou kontrolu moči pomocí testovacích proužků. Pro terapeutické účely (aplikaci inzulínu) se používá výhradně inzulínových per, nebo inzulínových pump. Mezi spotřební materiál se řadí samotný inzulín, ale také jehličky, infuzní sety, zásobníky inzulínu atd. Právě u 1. typu diabetu a intenzifikovaném režimu je nutno měřit glykemii alespoň 3x denně, stejně tak podávat inzulín. Vzhledem k tomu, že drtivá většina spotřebního materiálu je určena na jedno použití, dochází při tomto režimu ke značné spotřebě.

Jako nejméně nákladná dle studie vychází kombinace diagnostiky glukometrem a terapií inzulínovými pery. Naopak jako nejnákladnější kombinaci uvádí diagnostiku kontinuálním monitorem glykemie a terapii inzulínovou pumpou. V případě vzniku a léčby sekundární komplikace diabetu vzroste nákladovost takového pacienta přibližně o 20 %. Dle analýzy dat se jeví využití kombinace kontinuálního monitoringu glukózy s inzulínovou pumpou jako nejefektivnější řešení ve smyslu dosažení kvalitní kontroly a řízení glykemie, byť je tato metoda finančně náročná. Prozatím však žádná studie neprokázala přínos ve formě zlepšení kompenzace při použití kontinuálních monitorů glykemie. Jako finančně mimořádně hospodárná s dostačujícími výsledky byla označena metoda využívající glukometr pro diagnostiku a inzulínová pera pro terapii.

2.6 Telemedicína při řízení diabetes mellitus 1. typu

Topic: Telemedicine in the Management of Type 1 Diabetes

Author: Timothy Xu, Shreya Pujara, Sarah Sutton, Mary Rhee [6]

Keywords: telemedicine, diabetes mellitus

Published: Preventing Chronic Disease, 2018

Využití moderních technologií se stále ve větší míře vyskytuje také v medicínských aplikacích. Vzhledem k tendenci a počtu onemocněných lze při řízení diabetu využít telekomunikačních a informačních technologií k přenosu diagnostických dat od pacienta k lékaři. Výhodou je možnost provedení tohoto transportu prakticky mezi jakýmkoliv místy, ze kterých je možnost přístupu k internetu. Nabízí se možnost vytvoření obousměrné komunikace, kdy může lékař pacientovi doporučit případné změny v léčbě, či provést edukaci. Výhoda tohoto systému spočívá v časové úspoře jak lékařům, tak pacientům, kteří jsou nuceni dojíždět do diabetologických ambulancí ze vzdálených míst. Čas, který lékaři uspoří při aplikaci tohoto systému, lze využít například pro provádění častěji frekventovaných kontrol, což může vést ke zlepšení kompenzace a celkové zvýšení kvality poskytovaných zdravotnických služeb. Studie zkoumá finanční a časové úspory

při využití telemedicínské péče a také vliv na kompenzaci u jednotlivých pacientů. Jako ukazatel kompenzace byl opět použit HbA_{1C} .

Dle výsledků studie, které se zúčastnilo 54 pacientů, každý z nich průměrně ušetřil až 80 minut času v rámci jedné kontroly. Jedná se především o čas, který by strávil cestováním do zdravotnického zařízení. S tímto je spojeno zmenšení finančních nákladů na dopravu. Doba samotné konzultace s lékařem se pohybuje do 30 minut a prakticky se neliší v závislosti při použití telemedicínského systému či osobní návštěvy. Statistické vyhodnocení dat naznačuje mírné zlepšení kompenzace diabetu snížením průměrné hodnoty glykemií a také HbA_{1C} . U kontrolované skupiny se však projevilo větší množství hypoglykemických epizod. Tento jev zpravidla koreluje se zlepšením glykemické kontroly. Většina pacientů uskutečnila všechny naplánované konzultace, což je efektivní z pohledu diabetologické ambulance při organizování jednotlivých návštěv. Sníží se tak riziko, že se pacient nedostaví na domluvenou kontrolu. Z hodnocení formou dotazníku vyplývá, že téměř všichni pacienti zapojení do studie byli s formou telemedicínského poskytování zdravotní péče spokojeni. Existují však případy, kdy je preferována osobní péče a pacientovi vyhovuje fyzická návštěva ordinace a přímý kontakt s ošetřujícím lékařem. Telemedicínský systém určený pro diabetologické pracoviště je dostatečně bezpečný a vykazuje srovnatelné výsledky, jako při standardní péči.

2.7 Telemedicina při řízení kontroly glykemie a klinických výstupů při diabetes mellitus 1. typu: systematický přehled a meta-analýza randomizovaných kontrolovaných studií

Topic: Telemedicine for the Management of Glycemic Control and Clinical Outcomes of Type 1 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies

Author: Shaun W. H. Lee, Leanne Ooi, Yin K. Lai [7]

Keywords: telemedicine, type 1 diabetes, management, meta-analysis, systematic review

Published: Frontiers in Pharmacology, 2017

Cílem studie je analýza randomizovaných kontrolovaných studií pro zhodnocení účinnosti telemedicínského systému v řízení a léčbě diabetu. To je provedeno porovnáním změny hodnoty HbA_{1C} před zavedením a po roce využívání systému. Architektura použitého programu může mít různou koncepci a dle požadavků se skládá z bloků s odlišnými funkcionalitami:

- edukace – vzdělávací materiál,
- monitorace – sledování diagnostických dat s dálkovým přístupem,
- konzultace – obousměrná komunikace mezi pacientem a zdravotnickým zařízením,
- lékařská porada – sdílení dat mezi dalšími lékaři

Telemedicínský systém použitý ve většině studií disponoval monitoračním modulem, který zajišťuje kompletaci diagnostických a terapeutických dat do databázového souboru a přenos do

pracovní stanice lékaře. Existují také systémy se zpětnou vazbou ve formě psaných textů, nebo telefonní konferencí. Podle statistického vyhodnocení studie došlo při použití systému k mírnému zlepšení kompenzace diabetu. U pacientů s velmi vysokým vstupním HbA_{1C} došlo k razantnímu zlepšení kompenzace. Doba, po kterou probíhala studie, se pohybovala řádově od několika týdnů až do dvou let. S rostoucí dobou používání docházelo také ke statisticky významnějším zlepšením hodnot.

2.8 Shrnutí rešerše

Výběr studií byl účelně zvolen tak, aby zkoumal jednotlivé druhy sekundárních komplikací diabetu. Zpravidla však autoři uvádějí v jednotlivých studiích vztah a souvislosti s ostatními komplikacemi. Trend výskytu diabetu je stále na vzestupu a představuje pro světovou populaci značné nebezpečí. Onemocnění totiž provází vysoká morbidita a mortalita. Prakticky u všech pacientů, kteří dosahovali nedostatečných výsledků kompenzace diabetu, došlo v různých časových horizontech k výskytu některé z komplikací. Ve všech případech byl jako ukazatel použit HbA_{1C} . Mezi nejzávažnější komplikace patří diabetická neuropatie, nefropatie a retinopatie. Vyskytnout se však může řada dalších komplikací, které vedou ke snížení kvality života pacientů a zvýšení celkových nákladů na léčbu.

Druhá část rešerše je zaměřena výhradně na přínos telemedicíny v oblasti diabetologie. Možnost použití telemedicínského systému je silně závislá na individuálních schopnostech jednotlivých pacientů z hlediska dovedností při obsluze informačních technologií. Jedním z požadavků na použitý software tedy musí být jednoduché prostředí s přehledným ovládáním, ve kterém se uživatel snadno zorientuje. Dále by pak měla být zajištěna synchronizace s moderními diagnostickými a terapeutickými prostředky, které do současné doby prochází vývojem a stále častěji disponují digitálními technologiemi např. pro dlouhodobé uchování dat. Ukázalo se, že použitím telemedicínského systému dojde k mírnému zlepšení kompenzace diabetu, ale pro pacienta znamená především zvýšení komfortu z důvodu menší časové náročnosti a finanční nákladovosti. Úplné vynechání návštěv lékaře není možné, avšak jejich četnost lze snížit provedením konzultace či vyhodnocení dat na dálku, bez osobní návštěvy diabetologické ordinace. Pro tento účel bude v praktické části diplomové práce vytvořena aplikace ve spolupráci a diabetologickým akreditovaným centrem při Městské nemocnici Ostrava, pomocí které bude možno provést retrospektivní analýzu dat. Smyslem aplikace je především zlepšení spolupráce mezi pacientem a léčebným zařízením, což může vést ke zlepšení kompenzace diabetu a předcházení vzniku komplikací.

3 Anatomie, fyziologie a patofyziologie diabetes mellitus

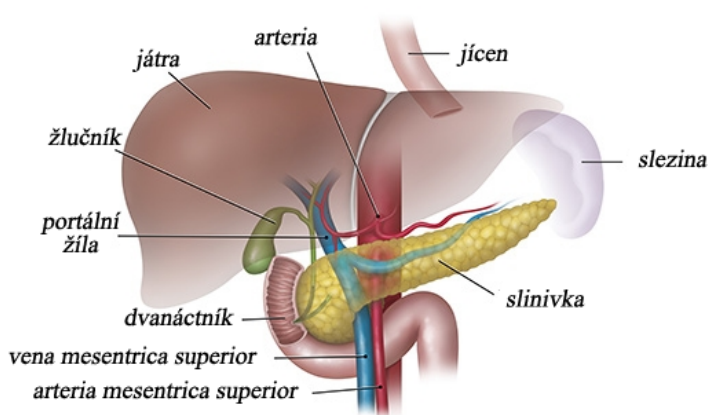
Kapitola popisuje princip onemocnění z anatomického a fyziologického hlediska. Dále je proveden rozbor základních sekundárních komplikací, které nabývají charakteru patofyziologických změn a s velkou pravděpodobností mohou při nedostatečné kompenzaci u pacientů s diabetem vzniknout. Průběh onemocnění nemusí mít u všech pacientů stejnou vývojovou linii, studie však prokázaly výrazný vliv celkové kompenzace na úroveň zdravotního stavu u konkrétního jedince. Snahou lékařů je zavést takový léčebný režim, aby byl pacient co nejméně zasažen nutností dodržovat pravidelný režim stravování a dalších nezbytných potřeb. [9, 22, 23]

3.1 Anatomický rozbor

Vzhledem k tomu, že diabetes je onemocnění způsobené poruchou metabolismů sacharidů, z anatomického a fyziologického hlediska se jedná o poruchu části trávicího traktu. Příjmem potravy je organismus zásobován energií ve formě sacharidů, bílkovin a tuků, ale také je zároveň zajištěn příjem vitamínů a minerálních látek. Pro přeměnu těchto látek v energii však je zapotřebí provést zpracování takovým způsobem, aby mohla být provedena látková výměna v buňkách organismu. Pokud je pro mechanismus prostupu do buněk skrze buněčné membrány vyžadována nějaká další specifická látka, mluvíme o tzv. aktivním transportu. V případě metabolismu sacharidů tento proces zajišťuje hormon inzulin produkovaný β -buňkami ve slinivce břišní. V případě nesprávné funkce některé části z celého řetězce je organismus ohrožen, protože energie je jedna z nejdůležitějších látek, bez které není schopen správné funkce. [8]

3.1.1 Pankreas

Součástí trávicího traktu je slinivka břišní (latinsky pancreas). Tato žláza se nachází v zadní části dutiny břišní v oblasti mezi žaludkem a prvním až druhým bederním obratlem (viz obr. 1).



Obrázek 1: Uložení slinivky v břišní dutině [14]

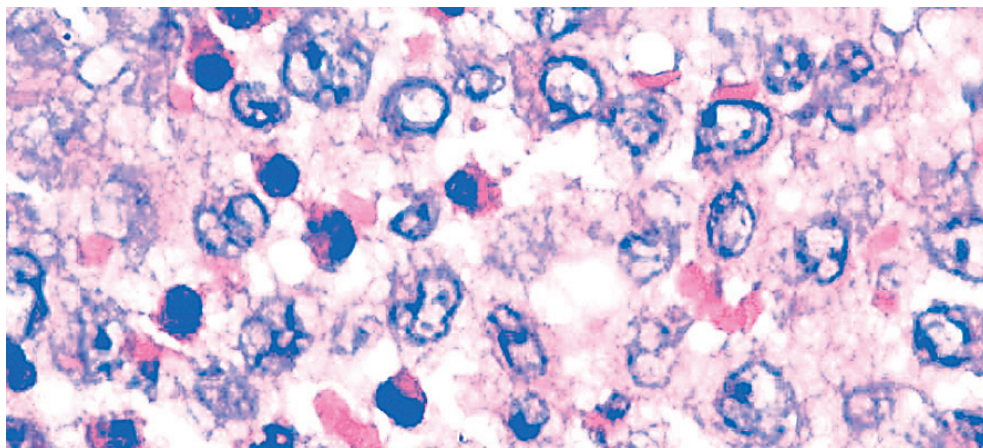
Lze definovat podlouhlým tvarem a její uložení v dutině má podélný směr. Z anatomického hlediska lze rozlišit na následující části:

- hlava – *caput pancreatis*,
- tělo – *corpus pancreatis*,
- ocas – *cauda pancreatis*,
- velký vývod slinivky – *ductus pancreaticus major*,
- malý vývod slinivky – *ductus pancreaticus minor*.

Strana na hlavové části slinivky je uložena v konkávní oblasti dvanáctníku, kdežto protilehlá část ocasu ve svém zúženém konci dosahuje až k úrovni sleziny. Cévní zásobení je zajištěno tepnami a žilami. Dále se zde nachází nervová a lymfatická zakončení. Celková velikost je u každého jedince samozřejmě individuální a v průběhu života se může měnit, ovšem délka u průměrného dospělého člověka dosahuje 16 cm, průměru 3 cm a váhy až 90 g. [8]

Žlázu je možno vzhledem ke své fyziologické funkci definovat zároveň jako žlázu s vnitřní, tak s vnější sekrecí. Vnější exokrinní sekrece, tedy přímo do dutin skrze vývody, poskytuje především produkci enzymů lipázy, trypsinu a amylázy. Produkci těchto enzymů vzniká pankreatická šťáva, která je produkována vývody do části tenkého střeva, konkrétně dvanáctníku. Vnitřní endokrinní sekreci, tedy s produkcí do krevního řečiště, zastupuje ve formě geneze hormonů glukagonu, inzulinu, somatostatinu a pankreatického polypeptidu. Všechny tyto hormony jsou produkovány specifickými buňkami. Pro problematiku regulace glykemie a onemocnění DM jsou předmětné především Langerhansovy ostrůvky, které obsahují buňky produkující hormon glukagon a inzulin. Tyto látky se z největší části podílejí na sacharidovém metabolickém procesu a k cílové tkáni jsou dopraveny právě skrze krevní oběh.

Přibližně 3 % pankreatu tvoří právě Langerhansovy ostrůvky (obr. 2), které se podílejí výhradně na endokrinní činnosti. Jejich složení je dáno celou řadou buněk, např. α -buňkami, β -buňkami, δ -buňkami, PP-buňkami atd. Pro α -buňky je specifické zastoupení v ostrůvcích přibližně 20 %, přičemž jejich fyziologická funkce spočívá v zajištění produkce hormonu glukagenu. Nejpočetnější, přibližně 70% zastoupení v ostrůvcích zastávají β -buňky, které se přirozeně podílejí na produkci hormonu inzulinu. [8]



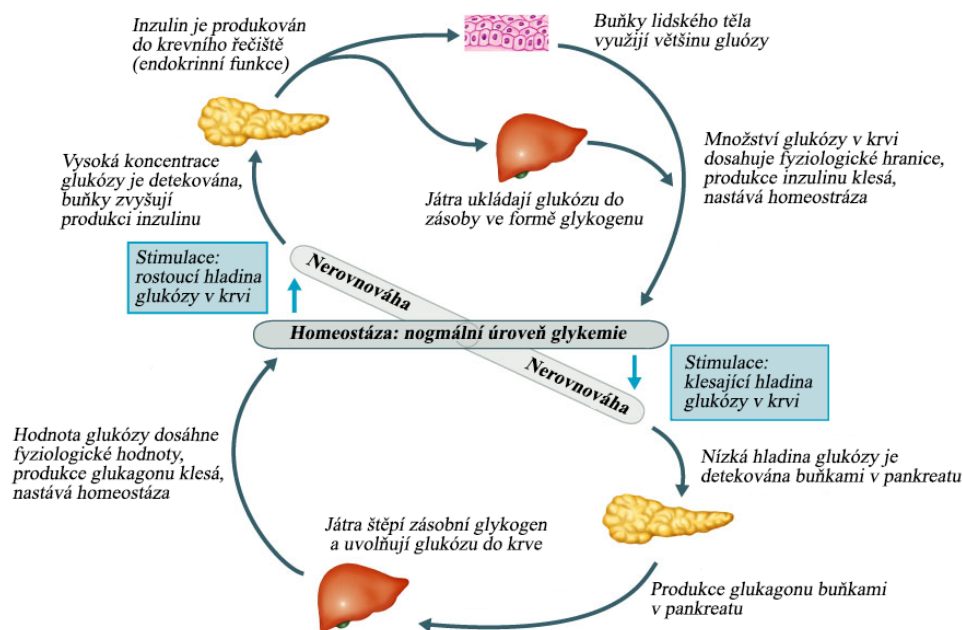
Obrázek 2: Langerhansovy ostrůvky, barvení hematoxylin-eosin [15]

3.2 Fyziologický princip regulace glykemie

Příchozí živiny ze zevního prostředí přirozeně prochází gastrointestinálním traktem. Jeho úkolem je mechanické a chemické zpracování potřebných látek pro další využití. Již na úrovni kontaktu potravy se slinami v dutině ústní dochází k procesu trávení škrobů za pomoci trávicího enzymu α -amylázy. Po rozmělnění potravy a zpracování žaludkem prostupuje trávenina do části tenkého střeva, na jehož samotném úvodu v oblasti dvanáctníku ústí vývod pankreatu a žlučovodu. V tomto místě dochází k procesu štěpení řady látek, ale vzhledem k řešené problematice diabetu jde především o cukry a sacharidy. V úseku tenkého střeva dochází až k rozkladu na samotnou glukózu, která je vstřebávána do krevního oběhu.

Sekrece hormonu inzulinu je řízena mechanismem zpětné vazby (obr. 3), přičemž jím regulovaná hladina glukózy v krvi je zároveň stimulem k samotné sekreci inzulinu. Jedná se tak o mechanismus jednoduché a přímé zpětné vazby. Inzulin je produkován β -buňkami do krevního řečiště a jedná se o jediný hormon v organismu, který způsobuje snížení hladiny glukózy. Receptory na inzulin se nacházejí v játrech, svalové a tukové tkáni. Společnou vazbou umožňuje aktivní vstup glukózy do buňky a tím přeměnu na energii a efektivní využití.

Opačný efekt, než inzulin, má na organismus hormon glukagon. Je produkován α -buňkami v případě detekce nízké hladiny glukózy v krvi. Jeho sekrecí ve velmi krátké době započne proces glykogenolýzy v játrech, při kterém se zásobní glykogen štěpí zpět na glukózu a ta je uvolněná do krevního řečiště. Dojde tak ke stabilizaci hladiny glukózy a organismus není ohrožen nedostatkem využitelné energie. Na tento mechanismus lze však spoléhat pouze za předpokladu, že je v játrech uloženo dostatečné množství zásobního glykogenu. Pokud by tomu tak nebylo, sekrece glukagonu by na akutní nízký stav glykemie neměla žádný vliv a potencionální pacient by byl odkázán na přísun sacharidů z potravy. [9, 10]



Obrázek 3: Hormonální regulace hladiny glukózy v krvi [24]

Na obr. 3 je znázorněn mechanismus vzájemného působení obou hormonů, při kterém dochází k udržení rovnovážného stavu glykémie, tzn. udržení průběhu ve fyziologickém rozsahu. Ten je dle denní doby individuální a u pacientů s diabetem je snaha jej udržovat v rozmezí od 3,3 do 7,5 mmol/l. Na lačno by však glykémie neměla přesáhnout hranici 6 mmol/l. Množství obou hormonů však musí balancovat na pomyslné váze v rovnovážném stavu, v opačném případě je pacient ohrožen výskytem akutních komplikací ve formě vysoké či nízké hodnoty glykémie v krvi (hyperglykemií a hypoglykemií). V obou těchto případech je pacient přímo ohrožen na životě. V populaci, která netrpí diabetem, jsou hypoglykemické stavy velkou výjimkou, kdežto u pacientů s diabetem velice častou doprovodnou komplikací. DM je onemocnění způsobené poruchou některých funkčních částí v rozsáhlém řetězci metabolismu sacharidů. Dle poškození konkrétního druhu buněk lze chorobu rozdělit na onemocnění 1. a 2. typu. [9]

3.2.1 Diabetes mellitus 1. typu

DM 1. typu spočívá v absolutním nedostatku inzulínu v organismu. Přesný mechanismus, který způsobuje autoimunitní funkční destrukci β -buněk, není doposud zcela znám. K manifestaci diabetu tohoto typu dochází zpravidla v dětském věku a u mladých dospělých do 20 let života. Výskyt ve vyšším věku je velice ojedinělý. Spouštěcí mechanismus má za následek postupné snižování funkčních buněk, s čímž úměrně klesá množství přirozené sekrece inzulínu. Po dosažení hranice, kdy již není schopen organismus pokrýt příjem sacharidů z potravy, se začínají vyskytovat typické symptomy výskytu diabetu. Mezi ně patří:

- nadměrná žízeň spojená s vysokou frekvencí močení,

- pocit únavy,
- náhlá ztráta tělesné hmotnosti,
- neostře vidění,
- dech páchnoucí po acetonu,
- špatné hojení ran.

Léčba spočívá v pravidelné diagnostice aktuální koncentrace glukózy v krvi za pomoci osobního glukometru. Standardně se během léčby provádí čtyřbodový glykemický profil, který spočívá v diagnostice glykemie na lačno, před obědem, před večerí a v nočních hodinách. Pacient je odkázán na aplikaci uměle vyrobeného inzulínu do podkoží a tím nahrazení přirozené funkce slinivky. Jedná se o tzv. intenzifikovanou terapii, někdy nazývanou inzulín dependentní (závislý na inzulínu). Dávkování je však nutné odhadnout s relativně vysokou přesností dle dané situace vzhledem k dietnímu režimu a dalším okolnostem. Tento druh diabetu má velmi malé zastoupení, přičemž tvoří necelých 7 % ze všech výskytů. [9, 10, 22]

3.2.2 Diabetes mellitus 2. typu

Druhý typ diabetu postihuje výhradně populaci v dospělém věku, především osoby starší 45 let. Příčiny onemocnění jsou odlišné, než v případě prvního typu, a především jim lze předcházet. Mezi příčiny patří špatná životospráva, tzn. obezita, nedostatek fyzické aktivity a stres. Existují také aspekty, které ovlivnit nelze, a to především genetickou dispozici. Přirozená funkce slinivky, tedy sekrece inzulínu, je v tomto případě zachována. Problém spočívá v rezistivitě cílových tkání a buněk vůči inzulínu, nikoliv v jeho absenci. Pacienti s druhým typem onemocnění tak nejsou závislí na aplikaci inzulínu, ale postačuje farmakologická léčba ve formě perorálních antidiabetik. Jejich působení zvyšuje citlivost buněk na inzulín a zároveň mohou podporovat sekreci většího množství inzulínu ve slinivce.

Typické symptomy naznačující výskyt choroby jsou totožné, jako u prvního typu. Způsob léčby může být v některých případech taktéž zvolen obdobně, jako u prvního typu. Jedná se však o kombinaci perorálních antidiabetik s aplikací inzulínu s menší frekvencí a dávkou, pouze jako podpora přirozené sekrece. Není však vyloučen postupný zánik β -buněk a absolutní převrat v onemocnění prvního typu.

Dominantní část pacientů trpící diabetem tvoří právě tato skupina. Jedná se přibližně o 92 % všech pacientů. Odhalení je však mnohem náročnější a zpravidla bývají pacienti diagnostikováni čirou náhodou při jiném vyšetření nebo preventivní prohlídce. Velký počet osob tak dlouhou dobu o svém onemocnění ani nemá tušení. Zbývajících 1 % diabetiků trpí jinou specifickou formou diabetu, kterou může být např. gestační diabetes vyskytující se u pouze u nastávajících rodiček. Tato skupina pacientek má v pozdějším věku zvýšené riziko vzniku právě DM 2. typu. [9, 10, 22]

3.3 Akutní život ohrožující stavy

V průběhu léčby se pacient může vyskytnout ve dvou různých situacích, kdy ohrožen na životě. Tyto situace mají široké spektrum příčin, ale zpravidla nastávají v důsledku chyby při terapeutickém režimu nebo z důvodu pacientovy nedbalosti v léčbě. Ohrožení na životě nastává v době výskytu extrémně nízké nebo naopak vysoké hodnotě glykemie. [22]

3.3.1 Hypoglykemie

Jak již bylo zmíněno, v průběhu léčby mohou nastat situace, kdy množství aplikovaného inzulínu není adekvátní. Může se jednat jak o nedostatečnou, tak nadměrnou dávku ve vztahu k fyziologickým potřebám organismu. V případě nadbytku inzulínu dochází k přílišnému poklesu hladiny glukózy a výskytu hypoglykemie. Tento stav je pro pacienta velmi závažným a je nutné jej okamžitě korigovat, nejčastěji konzumací rychle vstřebatelných cukrů. Během průběhu tohoto akutního stavu nemá organismus k dispozici potřebné množství glukózy pro přeměnu na energii. Jedním z nejnáročnějších orgánů na potřebné množství energie je lidský mozek. Pro pacienta je tento stav velice nepříjemný a také nebezpečný. Klinické projevy jsou stupňovány úměrně s intenzitou hypoglykemie a mají následný charakter:

- fyzická slabost,
- náhlé opocení,
- poruchy chování a psychického stavu,
- pocit hladu,
- v těžkých případech křečovitý stav a úpadek do bezvědomí.

Pokud pacient neprovede okamžitou korekci této akutní komplikace, závažnost stavu se prohlubuje a vzniká riziko poškození některých orgánů. Především se jedná o orgány, jejichž fyziologická činnost je na glukóze nejvíc závislá, tedy funkce mozku. Během prvotní fáze je schopen pacient řešit situaci vlastní činností, při výskytu těžké hypoglykemie je již odkázán na pomoc od ostatních osob. Naneštěstí jsou klinické příznaky hypoglykemie velmi podobné stavu opilosti a širokou veřejností mohou být nesprávně vyhodnoceny, což vede k fatálním důsledkům. Neznalost veřejnosti o problematice onemocnění také může vést k aplikaci dalšího inzulínu s úmyslem pacientovi pomoci. V těchto krajních případech tak může vést akutní stav až ke smrti pacienta. [10, 22, 23]

3.3.2 Hyperglykemie a ketoacidóza

Opačným stavem, kdy množství glukózy v krvi značně převyšuje potřebné dávky aplikovaného inzulínu, vede ke vzniku hyperglykemie. Tento stav má z klinického hlediska prakticky totožné symptomy, jako neléčený pacient v době prvotního záchytu onemocnění. Z fyziologického hlediska

je jako hraniční hodnota hyperglykemie považována koncentrace vyšší než 13,3 mmol/l. Při této hodnotě jsou již v organismu spouštěny obranné mechanismy pro snížení koncentrace, proto se mezi symptomy řadí pocit žízně a časté močení. Tímto způsobem je organismus schopen zbavit se přebytkového množství glukózy. Organismus je však silně závislý na příjmu energie právě z glukózy a v případě nedostatečné či zcela vynechané dávce inzulinu není distribuce energie do cílových orgánů zajištěna.

V případě absence inzulinu organismus hledá alternativní způsob, jak nahradit potřebnou energii. Spouští tak zároveň obranným mechanismem lipolýzu, kdy štěpí zásobní tuky na alternativní zdroj energie. Pokryje tak základní potřebu orgánů, během této chemické reakce však vznikají vedlejší produkty štěpení, mezi které patří ketolátky. Vznik těchto látek vede k postupnému narušení acidobazické rovnováhy organismu, konkrétně ke snižování pH a zvýšení osmolality krve. Tento stav je nazýván ketoacidóza a ohrožuje pacienta přímo na životě, protože hrozí vznik funkčních deficitů a v krajních případech selhání orgánů.

Případný výskyt ketoacidózy se projevuje zvracením, extrémní únavou či hyperventilací. Je nezbytně nutné ji okamžitě korigovat dostatečným zavodněním organismu a podáním dostatečné dávky inzulinu tak, aby bylo dosaženo normoglykemie. Doporučuje se však pozvolná korekce z důvodu hrozícího výskytu hypoglykemie při nepřiměřeně velké dávce inzulinu. Častým důvodem hospitalizace diabetických pacientů je právě vznik této komplikace. [10, 11, 22, 23]

3.4 Chronické patofyziologické aspekty diabetu

Onemocnění DM je provázáno velmi vysokou mírou morbidity a mortality bez ohledu na konkrétní typ. S rostoucí dobou trvání diabetu současně roste riziko vzniku komplikací. Cílem léčby je dosažení standardního průběhu glykemické křivky jako u zdravého člověka. V praxi je však tento pomyslný cíl velmi obtížně dosažitelný, protože lze velmi snadno provést chybu lidského faktoru v rozsáhlém řetězci činností léčebného procesu. Mohou však také nastat chyby, které člověk nemůže svým počínáním žádným způsobem ovlivnit. Míru kontroly nad diabetem udává tzv. kompenzace diabetu. Ta je zjistitelná laboratorním vyšetřením krve, kdy je zkoumán poměr glykovaného hemoglobinu ku celkovému hemoglobinu v krvi. Obecně lze říci, že dosažením optimální kompenzace je riziko vzniku sekundárních komplikací výrazným způsobem eliminováno. Vzhledem k průběhům jednotlivých typů diabetu lze předpokládat, že riziko vzniku komplikací u pacientů s diabetem 1. typu nastává až po mnoha letech prvotního záchyty. V případě diabetu 2. typu však může být onemocnění dlouhou dobu neodhaleno (řádově až několik let), proto není výjimkou přímo s odhalením diagnózy diabetu rovněž současný výskyt symptomů některých z komplikací.

Poškození vlivem onemocnění DM se projevuje prakticky v celém organismu. Může se jednat o onemocnění pohybového ústrojí, kožní abnormality, gastroenterologická onemocnění, náchylnost na infekci, stomatologické komplikace a další. V následujícím textu jsou podrobeny teoretickému rozboru pouze nejzávažnější komplikace postihující funkci nervového systému, ledvin a zraku. Každá komplikace má však vliv na celkovou kvalitu léčených pacientů a proje-

vuje se z hlediska finanční náročnosti jak pro zdravotní pojišťovny, tak pro samotné pacienty. [9, 10, 11, 22]

3.4.1 Diabetická nefropatie

Jedná se o sekundární komplikaci, jejíž výskytem jsou ohroženi pacienti se všemi druhy diabetu. Následky individuálního a celospolečenského charakteru mají závažný dopad na zdraví pacienta a celkovou kvalitu života. Výskyt je obvykle provázen dalšími projevy jiných sekundárních komplikací, např. oční a kardiologické onemocnění, lipidové odchylky či syndrom diabetické nohy. Nefropatie při svém průběhu zhoršuje přirozenou činnost ledvin, která může postupně vést ke chronickému selhání či absolutní ledvinové insuficienci. Pro tyto pacienty je nezbytně nutné zařazení do dialyzačního programu a často také do léčby transplantací ledviny. Z důvodu zvýšení efektivity se v některých případech provádí transplantace ledviny a slinivky břišní během jednoho operačního výkonu. Způsob léčby dialýzou znamená vysoké finanční náklady pro zdravotní pojišťovny. [11, 16, 17]

3.4.1.1 Definice a etiologie

Renální hyperfiltrace je u pacientů s diabetem častý jev provázející výskyt hyperglykemie. Organismus se v tomto případě snaží regulovat hladinu glukózy v krvi jejím prostupem do moči. K tomuto jevu dochází při překročení tzv. ledvinného prahu, za který se považuje hodnota glukózy v krvi 10 mmol/l a vyšší. Po kompenzaci hyperglykemie vhodnou terapií je přirozená funkce ledvin obnovena. Nefropatie, nebo také diabetická glomeruloskleróza, je poškození ledvinných glomerulů jakožto následek zbytnění glomerulární a tubulární bazální membrány. Tyto změny jsou způsobeny expanzí ledvinné tkáně a vedou ke sklerotizaci glomerulů, které mají významnou roli při renální filtraci. Mezi prvotní příznaky projevu patří zvýšené množství vylučovaného albuminu v moči (30–300 mg/24 h). Tento, již patofyziologický jev, je nazýván mikroalbuminurie a odpovídá prvopočátku poškození glomerulů. S rostoucím rozsahem poškození se snižuje funkce ledvin, což v konečném důsledku vede k proteinurii a chronickému selhání ledvin.

Primární příčinou poškození je přetrvávající hyperglykemie a neuspokojivá kompenzace diabetu. Významný podíl při progresi této komplikace udává výskyt hypertenze, kterým je diabetes taktéž často provázen. Postupné poškození vede ke snížení filtrační plochy až k úplnému zániku glomerulů. Při částečném poškození dochází ke zvýšené propustnosti membrány pro malé molekuly, a proto lze v moči indikovat stopy albuminu. [16]

3.4.1.2 Prevence a léčba

Předcházení vzniku diabetické nefropatie lze docílit celkovou metabolickou kompenzací diabetu již od počátku onemocnění. Velmi důležitá je důkladná edukace pacienta na všechna možná rizika spojená s nedostatečnou kompenzací, které vedou k ireverzibilním změnám a poškozením fyziologické funkce některých orgánů. Od pacientů je vyžadován aktivní přístup k léčebnému režimu,

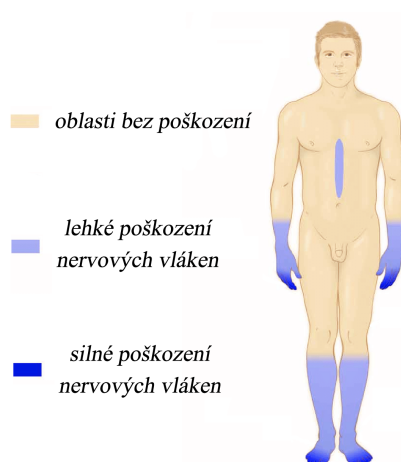
který ve spolupráci s lékařem v diabetologické ambulanci zvolí. Pro dosažení optimální kompenzace je zpravidla zapotřebí upravovat režim vzhledem k aktuálnímu. Za spolehlivý ukazatel kompenzace diabetu lze považovat HbA_{1C} , neboli podíl hemoglobinu modifikovaného nevratnou vazbou glukózy ku celkovému množství hemoglobinu. Z důvodu zvýšení progresu komplikace při výskytu hypertenze je nezbytně nutné pravidelně kontrolovat tlak a provést měření dle Holtera (průběžné měření po dobu alespoň 24 hodin). V případě pozitivní diagnózy je potřeba krevní tlak stabilizovat na fyziologických hodnotách. Nebezpečí této komplikace spočívá v jejím obtížném odhalení, protože v počátečních fázích prakticky nedisponuje žádnými výraznými klinickými projevy. Pro potvrzení diagnózy je tak nutné provádět cílené chemické vyšetření moči v pravidelných intervalech minimálně 1x ročně.

Výsledky laboratorních testů odhalující výskyt prvotní fáze poškození ledvin indikují provedení reedukace pacienta a v případě nedostatečné kompenzace změnu léčebného režimu. Léčebné úkony jsou u každého pacienta prováděny s individuálním přístupem. Jedním z úkonů je zavedení dietního opatření, při kterém se redukuje příjem proteinů v různém poměru z hlediska živočišného a rostlinného původu. V některých případech tak nastává situace, kdy jsou bílkoviny ve stravě z velké části nahrazeny sacharidy, což vyžaduje zvýšení dávek inzulínu. Dalšími úkony při léčbě je zajištění optimální hydratace organismu a vykonávání pravidelné fyzické aktivity, ovšem lehkého charakteru. U hypertonických pacientů se zavádí farmakologická léčba s cílem zamezit další progresi nefropatie. Poškození ledvin může vést až k absolutní renální insuficienci, kdy je jediný způsob léčby zavedení dialyzačního programu se současným zařazením na čekací listinu pro transplantaci ledviny. Kvalita života pacientů s touto fází onemocnění se prudce zhoršuje a vzniká velká psychická a sociální zátěž. Výběr vhodných pacientů pro úkon transplantace je omezen řadou kritérií a existuje riziko vzniku mnoha dalších pooperačních komplikací s nejistým výsledkem. [16, 17]

3.4.2 Diabetická neuropatie

Diabetická neuropatie, jinými slovy postižení periferních somatických a autonomních nervů v důsledku diabetu, je v celosvětovém měřítku nejčastější příčinou poškození nervového systému. Může se projevovat bolestmi, mravenčením, pocitem snížené citlivosti či pálením zpravidla na prstech horních a dolních končetin, tedy nejvíce vzdálených částech těla od srdce (viz obr. 4). Příznaky jsou však velmi rozsáhlé, může se také jednat o intoleranci fyzické zátěže, tachykardii při klidovém stavu, pocit bušení srdce, sexuální dysfunkce a další. V případě zaměření se na tyto abnormality jsou příznaky pacientovi zřejmé, lze však provést cílené vyšetření pro zjištění míry poškození nervů, např. využitím elektromyografie. Jedná se o komplikaci s velmi vysokou četností výskytu, protože je evidována přibližně u poloviny pacientů s diabetem bez ohledu na rozsah poškození. Pro pacienty představuje porucha senzitivity končetin problém při drtivě většině činností jak v osobním, tak pracovním životě. V krajním případě může vyústit až v pracovní neschopnost a vést k trvalému zdravotnímu postižení ve formě vzniku diabetické nohy, kloub-

ním poruchám atd. Komplikace bývá často provázena dalšími funkčními změnami, převážně kardiovaskulárního systému. [18]



Obrázek 4: Oblasti s nejčastější dysfunkcí nervových vláken [19]

3.4.2.1 Příčiny poškození

Dlouhodobě přetrvávající hyperglykemie má za příčinu vzniků produktů glykace, poškození drobných cév vyživujících nervy a poškození samotných nervových vláken. Dochází k narušení vnitřního prostředí organismu, což má za následek funkční změny v cévách. Ty se projevují vznikem trombů s následnou sníženou perfuzí vedoucí až k abnormitám, strukturálním změnám a přímému poškození nervových vláken. K těmto změnám jsou nejvíce náchylné nervová zakončení, tkáně sítnice a ledviny, protože vychytávání glukózy v těchto strukturách nemá vazbu na přítomnost inzulínu v krevním řečišti. Prvotní poškození se zpravidla projevuje nepříjemným brněním končetin, nepřiměřenými až bolestivými reakcemi na běžný dotyk s předmětem. Snížená perfuze ve vzdálených tkáních se projevuje nízkou teplotou v těchto oblastech, tedy pocitem chladných nohou a rukou. Neuropatie v kombinaci s dalšími vaskulárními chorobami vede k ulceracím tkání a vážnému poškození, jenž vyžaduje dlouhou dobu rekonvalescence. Existuje řada druhů této komplikace, např. distální symetrická neuropatie, autonomní neuropatie, bolestivá a fokální neuropatie atd. [18]

3.4.2.2 Medikace

V případě neuropatie platí pravidlo podobné, jako v případě ostatních komplikací. Tím je provedení co nejefektivnější a řádné edukace pacienta s maximálním důrazem na předcházení vzniku komplikace. To obnáší především nastavení relativně přísné kontroly diabetu a zaučení s moderními technickými prostředky pro léčbu, pomocí kterých je možno zvýšit efektivitu léčby. V případě výskytu je totiž léčba mnohdy velmi obtížná a má malou účinnost. Prakticky prozatím nebyl objeven léčebný postup, pomocí kterého dojde k obnovení funkce nervového systému,

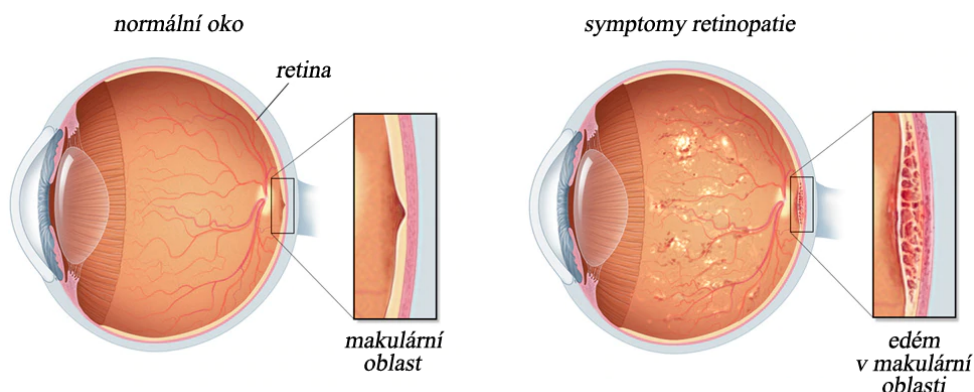
lze však eliminovat jednotlivé symptomy. Poškození a fyziologické změny na tkáních jsou v takovém případě nevratné a mohou vést k selhání funkcí některých orgánů či rozvoji diabetické nohy s možným následkem amputace. Medikace se určuje dle konkrétních projevů a potíží pacienta. Spočívá v dodržování zdravého životního stylu s dostatkem fyzické zátěže. V některých případech je ordinováno podávání účinných látek k tlumení neuropatické bolesti či antidepresiv ke zpětnému vychytávání serotoninu a noradrenalinu. Podávání některých léků však s sebou nese riziko vzniku nežádoucích účinků ve formě depresí, obezity, poruch spánku nebo jaterní funkce. [18]

3.4.3 Diabetická retinopatie

Dalším, velmi častým doprovodným onemocněním diabetu, je poškození sítnice oka, z latinského retina – odtud název sekundární komplikace retinopatie. Jedná se o relativně mladé onemocnění. To je dáno faktem, že v dobách, kdy nebylo možno DM jakýmkoliv způsobem léčit, pacienti umírali na akutní stavy diabetu mnohem dříve, než bylo možné z fyziologického hlediska dosáhnout poškození na úrovni retinopatie. Oblast a rozsah případného poškození oka je znázorněno na obr. 5. To se zpravidla projevuje až několik let po vzniku diabetu. Vzhledem k tomu, že zrakový vjem je pro člověka jedním z nejdůležitějších smyslů, znamená jeho poškození velkou emocionální a psychickou zátěž pro pacienta a do jisté míry i jeho okolí. Přibližně tři čtvrtiny informací je vnímáno právě zrakovým smyslem a jeho porucha má negativní vliv například na prostorovou orientaci. Pod označením diabetické retinopatie bývá v některých případech označován souhrn funkčních změn ve zrakovém systému, ne pouze změny na retině. [20, 23]

3.4.3.1 Patogeneze

Existuje celá řada faktorů ovlivňující vznik diabetické retinopatie. V současné době jsou známy mechanismy, kterými dochází k poškození struktur oka. S velkou pravděpodobností však existují také další mechanismy, které doposud nebyly objasněny. Vzhledem k relativně odlišné patogenезi mezi diabetem 1. a 2. typu nepochybně spojuje tyto nemoci společný rys, který vede ke vzniku retinopatie. Za ten lze jednoznačně označit hyperglykémii.



Obrázek 5: Řez okem bez funkčních změn a okem s retinopatií [21]

V případě výskytu hyperglykemie nastává současně mnoho změn ve vnitřním prostředí organismu, např. vznik produktů neenzymatické glykace a oxidačního stresu. Z obr. 5 je patrné, že tyto stavy zapříčiňují mikrovaskulární změny na cévách sítnice, poškození pojivové tkáně a vznik pro organismus toxických produktů. Je evidováno také zvýšení kapilární permeability, krevní viskozity a snížení oxygenace tkání. Všechna zmíněná kritéria vedou k mikroskopickému poškození kapilárních buněk, po kterých se mění fyziologické laminární proudění krve na turbulentní. Současně tak vzniká v některých oblastech snížení průtoku krve, vzniku ischemických oblastí a nerovnováze nitroočního tlaku. Poškozenými kapilárami dochází k prosakování séra, vzniku edému na sítnici a tím i funkčním změnám. Závažnost poškození má zpravidla stupňující se charakter, který vede v krajním případě až ke krvácivým stavům do oblasti okolních očních struktur. [20]

3.4.3.2 Preventivní a léčebná opatření

Základním předpokladem pro preventivní péči je zajištění rizikových faktorů, mezi které patří eliminace hyperglykemických epizod, celková kompenzace diabetu, farmakologická léčba hypertenze a dislipidemie. U pacientů s DM se předpokládá pravidelný oftalmologický screening minimálně 1x ročně. V tomto ohledu bývá častým problémem znemožnění zjištění zdravotního stavu pacienta vzhledem k léčbě diabetu. Často je vyšetřující lékař odkázán pouze na základní informace uvedené v žádance vystavené diabetologickou ambulancí. V současnosti neexistuje jednotný systém pro sdílení patientských dat nebo pro zajištění komunikace mezi jednotlivými ambulancemi a diagnostickými komplementy. Pro vyšetření lze použít mnoho technik, např. šterbinovou lampu pro klasickou oftalmoskopii, fluorescenční angiografii, optickou koherenční tomografii či ultrazvukové vyšetření sítnice a sklivce. Prioritně se vyšetřuje oblast očního pozadí na výskyt patofyziologických změn. Při rozsáhlejší diagnostice a zjištění komplexního stavu pacient lze také provést vyšetření zorného pole na perimetru a další.

Léčba příčin diabetické retinopatie prochází neustálým vývojem. Mezi používané účinné látky patří antikoagulanty, vazodilatační farmaka, hemostatika či antioxidanty. Efekt zmíněných

farmak však nedosahuje dostatečných výsledků, takže progrese poškození jednotlivých struktur prakticky nelze absolutně zastavit. S rozvojem nových terapeutických metod v medicíně lze také pro léčebné účely využít laserové techniky, nebo lze využít standardních operačních výkonů. Těmito výkony je však možné kompenzovat pouze následky poškození, nikoliv příčiny vzniku.
[20]

4 Současné trendy v léčbě

Také v oblasti medicínské techniky zaměřené na léčbu diabetu dochází k neustálému vývoji a prosazení nových technologií. V kapitole se nachází základní popis pomůcek využívaných diabetiky k léčbě. S těmito pomůckami pacienti přicházejí do styku takřka denně, proto je kladen důraz na intuitivní a přehledné ovládání. Samozřejmostí jsou různé nároky od každého pacienta, čímž je zajištěna konkurenceschopnost v případě výskytu více poskytovatelů na trhu. [22, 23]

4.1 Diagnostické prostředky

Mezi základní úkony při léčbě DM patří souhrn diagnostických činností, někdy nazývaných jako selfmonitoring. Spočívá především v získání aktuálních fyziologických hodnot, jako např. hodnota glykemie, výskyt ketolátek v moči nebo kapilární krvi. Dle stanovení ošetřujících lékařů dalších zaměření mohou být oblastí zájmu také hodnoty krevního tlaku a další. Na základě výsledků těchto zjištěných hodnot je pacient odkázán na stanovení terapie na základě vlastního uvážení. V tomto ohledu je důležitá řádná edukace pacienta, protože znalost dané problematiky a všech okolností jsou nezbytným předpokladem pro správné určení terapeutických hodnot. Velkou roli hraje také zkušenost konkrétního pacienta, která se s prodlužující dobou trvání diabetu zpravidla zvyšuje. V současné době je evidováno velké množství komunit sloužící pro výměnu zkušeností mezi pacienty, někdy však užívání těchto technologií vede k nerespektování léčebného režimu nastaveného ošetřujícím lékařem v diabetologické ambulanci. Uživatelé se v extrémních případech mohou dostat k mylným informacím, které mohou mít v rámci léčby diabetu fatální následky. [22]

4.1.1 Glukometry

Jednou z nejčastěji používaných pomůcek diabetiky pro určení aktuální hodnoty koncentrace glukózy v krvi slouží osobní přenosné glukometry (obr. 6). Jedná se o diskrétní zařízení, u nichž je kladen důraz především na přesnost měření. To je v dnešní době dostatečné i na přístrojích určené pro použití v domácím prostředí. Disponují také velkým měřicím rozsahem, standardně od 0,6 do 33,3 mmol/l. Z pohledu uživatele však existují další kritéria, dle kterých se jednotlivé modely dostupné na trhu liší. Mezi tato kritéria patří velikost zařízení, konektivita s dalšími technickými prostředky, rychlost vyhodnocení vzorku krve či množství krve potřebné pro test. Řada pacientů s rozšířenými očními komplikacemi upřednostní modely s dostatečně velkou nebo podsvícenou obrazovkou. [22, 23, 27, 28]



Obrázek 6: Přístroj pro stanovení okamžité koncentrace glukózy v krvi [27]

Moderní dostupné glukometry disponují rozšířenými funkcemi zvyšující komfort léčby. V případě funkce zajišťující transfer dat s inzulinovou pumpou dokáží vestavěné systémy pomoci pacientovi odhadnout dávky inzulinu vzhledem k naměřeným hodnotám. Mnoho přístrojů také podporuje přidání poznámek k jednotlivým záznamům, pomocí kterých je možno při zpětné analýze dat lékařem utvořit reálnou představu o situaci, ve které se daný pacient v konkrétní chvíli ocitl. Na základě chybějících informací mohou být mylně označeny příčiny nedostatečné kompenzace za ty, které s daným problémem zdaleka nesouvisí.

Samotný princip měření je zpravidla prováděn elektrochemickou metodou měření koncentrace glukózy v krvi. Nanesením krve (řádově jednotky μl) do kapiláry umístěné mezi elektrodami začne probíhat oxidační chemická reakce glukózy, při které zároveň vzniká peroxid vodíku. Množství vzniklé během této reakce je přímo úměrné celkovému množství glukózy ve vzorku. Peroxid je elektrolyticky rozložen na kladné ionty vodíku a záporné ionty kyslíku. Kationty jsou směrovány ke kladné elektrodě a jako efekt tohoto procesu vzniká malý elektrický proud, který je měřicím obvodem glukometru vyhodnocen a algoritmem převeden na výslednou hodnotu glykemie. Intenzita měřeného proudu je tedy ovlivněna obsahem glukózy v krvi. [23]

4.1.2 Kontinuální monitoring glykemie

Systém určený pro dlouhodobé a průběžné měření glykemie. Monitoring je prováděn zavedením snímače do podkoží, který je v neustálém kontaktu s intersticiální tekutinou, ze které snímána a vyhodnocena koncentrace glukózy. Na povrchu pokožky se v těsné blízkosti zavedeného snímače nachází měřicí modul, který často disponuje pamětí a komunikačním rozhraním. Přestože je senzor zaveden v podkoží nepřetržitě, výstupem ze systému jsou diskrétní hodnoty odpovídající průměrné koncentraci během měřené doby. Tato doba se liší dle konkrétního výrobce systému a pohybuje se v rozmezí 3 až 15 minut. Životnost snímačů se pohybuje od 6 do 14 dní.

Tento monitoring se hojně využívá jako doplňková diagnostická technika pro zajištění kompletního průběhu glykemické křivky. Pacient i lékař dostává přehled také o skrytých událostech, která nejsou za pomocí měření glukometrem zjistitelná. Může se jednat např. o noční hypo-

glykemie nebo změny glykemie v průběhu fyzické aktivity. Nemůže se však jednat o absolutní nahrazení měření pomocí glukometru, už jen z důvodu nutnosti některých systémů kalibrovat až 2x denně. Velká nevýhoda tohoto způsobu měření spočívá v prodlevě, která nastává v případě změny glykemie v intersticiální tekutině o několik minut později, než v krevním řečišti. Při současném měření lze i v rámci arteriální, venózní a kapilární krve sledovat významných rozdílů hodnot koncentrace. Z důvodu prodlužování životnosti senzorů se u některých uživatelů vyskytují potíže s kožními abnormitami v místech, kde dochází k fixaci senzoru s kůží. Spojení je řešeno prodyšnou samolepící náplastí vyrobenou z hydrofobní textilie. Přestože výrobci zaručují sterilitu a použití hypoalergenních materiálů, existují případy reakcí, které vedly až k trvalému poškození kůže.

Jednotlivé systémy monitorace disponují komunikačním rozhraním pro zajištění synchronizace dat s koncovým zařízením. Může se jednat o zařízení určené výhradně jako zobrazovací jednotka systému, nebo lze hodnoty v reálném čase zobrazit skrze inzulinové pumpy a mobilní zařízení. V tomto případě se nabízí rozšířené možnosti využití těchto dat, mezi něž patří predikce nastávající hypoglykemie a automatické zastavení dávkovacího systému. Veškerá koncová zařízení poskytují dostatečně objemné úložiště pro archivaci dat, která zpravidla dosahují až několika měsíců záznamů. Případná synchronizace koncových zařízení s pracovními stanicemi a využitím vyhodnocovacích systémů nabízí sdružení diagnostických i terapeutických hodnot. Jsou tak k dispozici podrobné údaje o proběhlé léčbě, statistické údaje a grafická prezentace dat. [22, 27, 28, 29]

4.1.2.1 Abbott FreeStyle Libre

Technologie okamžitého měření glykemie využívá senzorů zavedeného v podkoží. V těsné blízkosti na povrchu kůže je skrze náplast připevněna elektronika v zapouzdřeném plastovém obalu (obr. 7). Tato technologie vybavuje zařízení dostatečným stupněm krytí, proto je možno jej používat také v přímém kontaktu s vodou. Na desce plošných spojů se nachází napájecí část s bateriovým zdrojem, zesilovací obvod, analogově-digitální převodník, komunikační rozhraní NFC, paměťový modul a řídicí mikrokontrolér.

Senzor je z výroby již usazen v zaváděcím zařízení, kalibrován a plně nabit. Před zavedením stačí propojení snímače s vyhodnocovací elektronikou a zavedení do podkoží. Po hodině od aplikace senzoru dojde k plnění paměťového modulu, který je schopen uchovat hodnoty koncentrace glukózy za posledních 8 hodin měření. V průběhu této doby je nutno vyčítat data z paměťového modulu, neboť v opačném případě dojde k nahrazování časově nejstarších dat novými hodnotami z měření. Tato skutečnost má za následek nevratné smazání diagnostických hodnot. Vyčítání dat probíhá bezdrátově čtečkou dodávanou k systému skrze NFC rozhraní. V případě vhodné kombinace programového vybavení lze také vyčítat skrze mobilní platformy disponující totožnou technologií přenosu. [28]



Obrázek 7: Senzor FreeStyle Libre a čtečka [28]

Interní zdroj elektrické energie je schopen udržet celý systém v provozu po dobu 14 dnů. Z důvodu technického provedení zapouzdření není možná výměna baterie za účelem prodloužení životnosti. Mnoho uživatelů kritizuje tento systém jednorázového použití senzoru, ovšem řada uživatelů jej využívá se zkrácenou dobou používání, než byl původně určen. Je to především z důvodu reakce organismu na zavedení cizího tělesa do podkoží, která se může projevat bolestmi či otoky a často vede ke znehodnocení měřených hodnot. Sportovci vlivem působení potu často narazí na problém nedostatečné fixace pomocí původní textilní náplastí a jsou nuceni používat alternativních metod např. fixace pomocí tapovacích pásků. [28]

4.1.2.2 Medtronic Enlite

Konstrukčně mírně odlišný systém snímače (viz tab. 1), který nabývá větších rozměrů z důvodu větší elektronické vybavenosti. V tomto případě samotný snímač tvoří oddělenou část a lze jej separovat od vyhodnocovacího modulu. Systém po úvodní inicializaci a ruční kalibraci udržuje neustálý kontakt s inzulinovou pumpou totožného výrobce. K tomu je využito bezdrátové komunikační rozhraní shodné technologie ve vysílací i přijímací části. Vyhodnocovací modul v pravidelných 5minutových intervalech vyhodnotí průměrnou koncentraci glukózy v intersticiální tekutině a skrze komunikační rozhraní odešle do koncového zařízení. Jelikož se v tomto případě jedná o samotné terapeutické zařízení, dokáže dle průběhu křivky predikovat hrozící výskyt hypoglykemické epizody a může tomuto nežádoucímu stavu předcházet dočasným vypnutím bazální dávky v inzulinové pumpě.

U tohoto modelu senzoru je pro nepřetržitý provoz nutné provádění kalibrace maximálně po 24 hodinách provozu. Celková doba provozu dosahuje až 6 dnů. Výhodou je možnost dobití interní baterie vyhodnocovacího modulu, protože disponuje možností odpojit jej od snímače bez nutnosti jeho znehodnocení a poté pokračovat v procesu monitorace. [27]

4.1.2.3 Dexcom G5

Systém kontinuální monitorace glykemie s konstrukcí rozdělenou na dvě části, téměř totožnou jako v předchozím případě. Skládá se z části snímače určenou pro zavedení do podkoží a oddělitelným modulem pro zpracování signálu a vyhodnocení dat. Zároveň tento modul obsahuje komunikační rozhraní, které v tomto případě obsahuje modul Bluetooth a je tak schopen komunikovat s mobilními platformami. Samotný vyhodnocovací modul disponuje vestavěným akumulátorem, který dokáže poskytnout přibližně rok provozu monitorovacího zařízení. Bohužel po této době není možné akumulátor jakýmkoliv způsobem dobít. Toto řešení elektronické části relativně zásadním způsobem zvyšuje náklady na provoz celého systému. [29]

V průběhu měřicí epizody je nutno provádět kalibraci senzoru každých 12 hodin. Systém poskytuje oficiální životnost měřicího senzoru 7 dní, přičemž po této době je schopen dalšího provozu, ovšem není zajištěna dostatečná přesnost měření. Porovnání základních parametrů dostupných kontinuálních monitorů na trhu je shrnuto v tabulce:

Tabulka 1: Porovnání kontinuálních monitorů glykemie, [27, 28, 29]

senzor	FreeStyle Libre	Medtronic Enlite	Dexcom G5 Mobile
délka elektrody	8 mm	10,5 mm	12 mm
frekvence měření	15 minut	5 minut	5 minut
kalibrace	–	max. 12 hodin	max. 12 hodin
životnost	14 dní	6 dní	7 dní

4.2 Terapeutické prostředky

Souhrn samotných medikamentů a technických prostředků, které společně zastupují nenahraditelnou součást léčby. Základní úlohou terapeutických prostředků je aplikace medikamentů do podkoží pacienta. Popisu rozdělení inzulinů se věnuje přímo tomu určená kapitola. Způsob samotného podání účinné látky lze rozlišit na kontinuální podávání skrze inzulinovou pumpu, nebo aplikaci s využitím inzulinového pera. [22, 23]

4.2.1 Druhy inzulinů

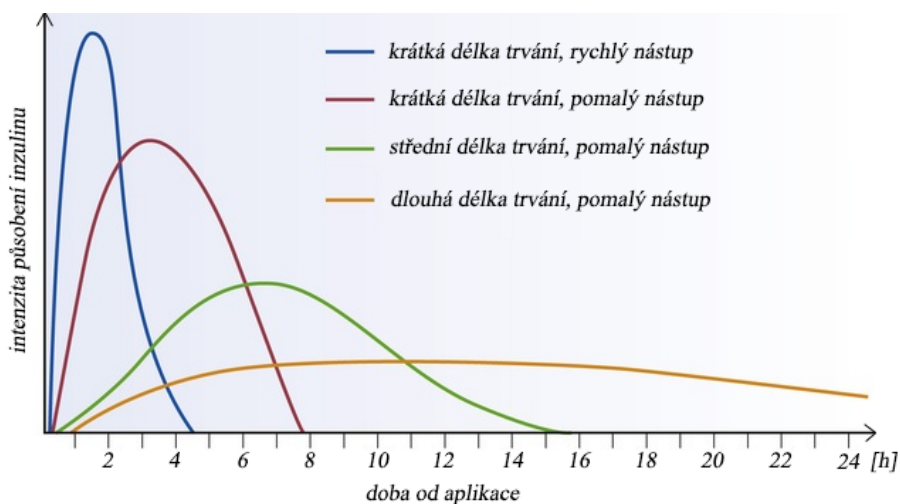
V závislosti na typu onemocnění a zvoleném způsobu léčby se pro terapii využívá celé řady inzulinů, nebo jejich kombinace. Dle obr. 8 lze v zásadě inzuliny rozdělit podle průběhu křivky působení, a to rychlostí nástupu fyziologické činnosti po aplikaci a délce jejich účinku. Rychlost nástupu po aplikaci se dělí na rychlou a pomalou, přičemž délku působení lze zařadit do kategorií krátce, středně a dlouhodobě působícího inzulinu. Při léčbě je nutno pokrýt tzv. bolusové dávky pro metabolizaci sacharidů přijmutých ze stravy a bazální dávky zajišťující pokrytí období mezi příjmem sacharidů. Nástup činnosti u nejrychlejších inzulinů se pohybuje řádově v desítkách minut, až po jednotky hodin v případě inzulinů s pomalým nástupem. Délka působení se pohy-

buje od 4 hodin až po dlouhodobě působící, které jsou schopny pokrýt bazální dávku po dobu 24 hodin.

Běžně dostupný sortiment nabízí produkty obsahující celou řadu účinných látek. Všechny současné inzuliny dostupné na trhu mají sjednocenou koncentraci na 100 IU/ml. Zcela tak odpadají komplikace s odlišným dávkováním v případě záměny jiné účinné látky nebo použití přípravku od odlišného výrobce. Odlišné koncentrace inzulinu se využívají pouze ve speciálních případech, pouze však za asistence odborného lékařského personálu, např. anesteziology při operačních výkonech, u dekompenzovaných pacientů nebo čerstvých záchytech diabetu. Typicky je podávána směs glukózy, inzulinu a chloridu draselného.

V případě volby intenzifikované léčby inzulinovou pumpou se využívá jediný druh inzulinu, ale způsob naprogramování pumpy pokrývá duální režim dávkování. Pro tento účel se využívá inzulinu s krátkou prodlevou do nástupu účinku a krátkou dobou působení tak, aby byl pacient schopen reagovat v co nejkratším čase na události vyžadující jeho zásah. Tento inzulin se svými parametry a průběhem nejvíce podobá přirozenému inzulinu nacházející se v organismu zdravého jedince.

Léčba inzulinovými pery vyžaduje kombinovat režim dávkování, proto také bývá označován systémem dávkování bolus-bazál. Pro tento účel je volena kombinace alespoň dvou druhů inzulinů. Pro bolusové dávky je využit totožný, jako při použití v pumpě, tedy s rychlým nástupem účinku a krátkou dobou působení. Bazální dávka již využívá inzulinů působících 12 až 24 hodin. Pacient tak disponuje minimálně dvěma aplikátory, přičemž je velmi nutné zamezit případné záměně. Podání rychlého inzulinu namísto pomalého může mít pro pacienta fatální následky. [23, 25]



Obrázek 8: Křivky působení různých typů inzulinů na trhu [26]

Téměř každá potravina má odlišné složení z hlediska poměru tuků, sacharidů a bílkovin. Rozdíly lze nalézt také v molekulární struktuře obsažených sacharidů, které lze rozlišit od jed-

noduchých vazeb až po vysokomolekulární sacharidy. Při procesu trávení a vstřebávání sacharidů do krevního oběhu je významný čas, za který je daná látka schopna rozkladu na nejjednodušší glukózu. Každá potravina je charakterizována tzv. glykemickým indexem, který právě definuje rychlost a délku vstřebávání všech obsažených sacharidů na glukózu a prostup do krevního řečiště. Jako referenční hodnota slouží glykemický index 100, který odpovídá vlastnostem glukózy, která se přirozeně vyskytuje v potravě ve formě hroznového cukru. Většina běžně dostupných potravin má glykemický index menší než glukóza, existují však potraviny, které mají tento index vyšší.

Průběh vstřebávání lze graficky znázornit závislostí přírůstku glykemie v čase. Úloha aplikovaného inzulínu spočívá v pokrytí přírůstku vstřebané glukózy intenzitou účinku inzulínu, tedy přesně opačným účinkem. Z matematického hlediska by v ideálním případě došlo o odečtu jednotlivých průběhů a výsledkem by byl kontinuální průběh. V tomto případě by hodnota glykemie v krvi po konzumaci sacharidů nevykazovala žádné změny. V realitě však nikdy není možno docílit totožného průběhu obou křivek, proto je hledán kompromis především ve formě velikosti dávky, jejího načasování nebo délce výdeje inzulínu. Charakteristika vstřebávání inzulínu je totiž vždy stejná a nelze ji modifikovat.

Ve všech případech je nutné dodržovat zásady manipulace s tímto léčivem, mezi něž patří skladování v definovaném rozmezí teplot. Účinná látka se stává nefunkční v případě vystavení teplot pod bod mrazu, nebo naopak dlouhému vystavení vysokým teplotám. Problém tak může nastat při pobytu v tropických zemích, nebo naopak při vykonávání zimních sportů. [22, 25]

4.2.2 Inzulínová pera

Jedná se o prostředek určený k podání účinné látky do podkoží. Svým vzhledem a velikostí, viz obr. 9, se nápadně podobá psacímu peru, odtud získalo své označení. Na hrotu kovového těla se nachází otočný volič dávky, v těle pera převodový závitový mechanismus s posuvným trnem a na opačném hrotu ampule inzulínu zakončená vpichovou jehlou. Frekvence použití se liší dle způsobu léčby konkrétního pacienta a může se pohybovat do 5 aplikací za den.

Základní funkce je provedena především mechanickým zajištěním posunu pístu s trnem, kdy volič podle velikosti zvolené dávky způsobí příslušný počet otáček závitů, na jehož konci se nachází píst. Dopředný pohyb pístu způsobí posun trnu v ampuli s inzulínem a vytlačení určitého objemu látky skrze aplikační jehlu. Celý mechanismus musí zajišťovat precizní a přesné dávkování, protože je od něj očekáváno dávkování i velmi malých objemů, zvláště při použití u dětských pacientů. Nejmenší možný krok při nastavení dávky na voliči je 0,5 IU, což odpovídá objemovému množství 5 μ l). Ve většině případů se jedná o opakovaně použitelné zařízení, ale nabízí se také varianta předem plněných per v plastovém provedení pro jednorázové použití. Po vypočtení náplně o standardní velikosti 3 ml nelze tento druh per znovu naplnit a je tedy nutné je zlikvidovat.

Také v této oblasti se již vyskytují prvky digitalizace, kdy je u hrotu zařízení na otočném voliči dávky zařazen snímač nastavené velikosti dávky. Data jsou uchována ve vnitřní paměti

a na miniaturní zobrazovací jednotce je k nahlédnutí přehled posledních aplikovaných dávek se zobrazením časového razítka. Tento užitečný prvek může sloužit ke kontrole v případě nejistoty provedení aplikace, nebo samotné velikostí dávky. [22, 23]



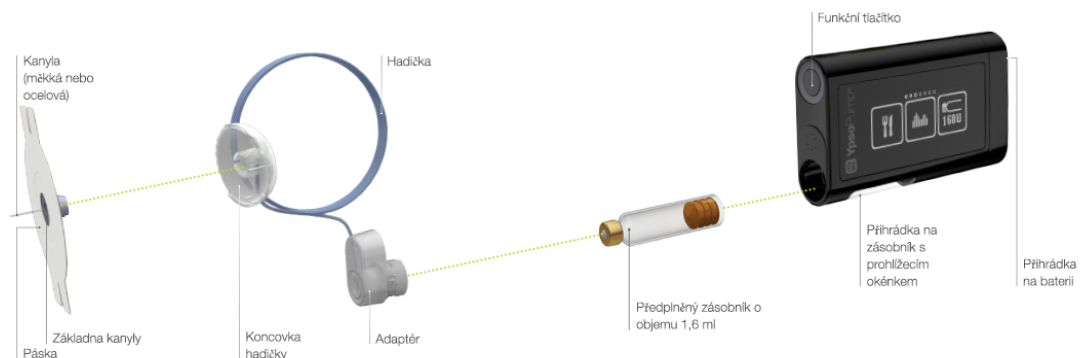
Obrázek 9: Inzulínové pera s pamětí aplikovaných dávek [30]

4.2.3 Inzulínové pumpy

Druhý možný způsob k intenzifikovanému podávání inzulínu je prováděn inzulínovou pumpou. Zařízení je ukryto v plastovém krytu o relativně malé velikosti (obr. 10). Hlavní viditelné prvky na zařízení jsou tlačítka pro zajištění ovládání, zobrazovací jednotka a náhledové okénko na zásobník inzulínu. Uvnitř konstrukce se nachází zdroj elektrického proudu, pohyblivý trn hnaný krokovým motorem, zásobník inzulínu a elektronická část s mikroprocesorem pro řízení celého systému. Dle konkrétního výrobce může být obsaženo další příslušenství ve formě specifických komunikačních rozhraní. Při vývoji a výrobě tohoto prostředku je dbáno na nízkou poruchovost a odolnost, protože v případě nasazení k léčbě je zařízení v nepřetržitém provozu. Při délce životnosti jednoho zařízení, které je v současné době 4 roky, musí zařízení disponovat také dostatečnou mechanickou odolností.

Podávání inzulínu je zajištěno neustálým bazálovým režimem, jehož velikost dávek je uchována v interní paměti zařízení. Technický způsob provedení je realizován velice nepatrným pohybem pístu v krátkých časových intervalech, které činí každých 180 sekund provozu. Tento způsob dávkování má za cíl simulovat přirozenou funkci slinivky břišní, jako je tomu u zdravých jedinců. V době konzumace potravy je pro pokrytí sacharidů používána bolusová dávka přiměřeného množství inzulínu. K odhadu dávky slouží část programového vybavení k tomu určená. Výpočet je proveden na základě manuálního zadání množství sacharidů ve stravě a aktuální hodnotě glykémie. O velmi vysoké míře přesnosti těchto zařízení svědčí požadavek na minimální velikost vydávovaného objemu, který činí 0,025 IU. Tato hodnota odpovídá objemu látky neuvěřitelných 250 nl, ale případné nedodržení přesnosti může mít negativní vliv na pacienty s nízkými denními dávkami, ať už ve smyslu nedostatečného či přílišného dávkování.

Mnoho výrobců inzulinových pump zavedlo spolupráci se společnostmi zabývající se vývojem diagnostických prostředků. Po vzájemné domluvě tak zajistili kompatibilitu s kontinuálními monitory glykemie nebo glukometry. Pumpa v tomto případě slouží jako zobrazovací jednotka diagnostikovaných hodnot a nabízí možnost archivace všech diagnostických a zároveň terapeutických hodnot. Vybrané modely umožňují přímé vložení předem plněného zásobníku inzulinu ve skleněné ampuli bez nutnosti přesunu roztoku do speciálních zásobníků, které mají u každého modelu odlišné rozměry. [22, 23, 27, 31]



Obrázek 10: Inzulinová pumpa se spotřebním materiálem [31]

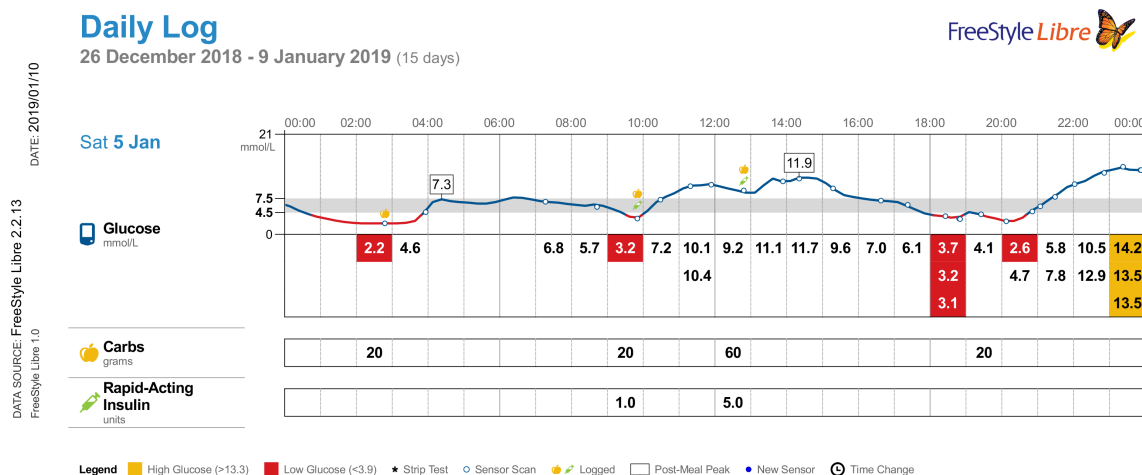
4.3 Terapeutické programové vybavení

Jednotliví výrobci technických prostředků pro léčbu diabetu současně vyvíjí softwarové vybavení pro zpracování a archivaci dat. Systémy jsou používány samotnými pacienty, např. z důvodu provádění selfmonitoringu v domácím prostředí, ale také lékaři při pravidelných návštěvách diabetologické ambulance. Produkty každého výrobce však disponují odlišným komunikačním rozhraním a protokolem, čímž pro běžného uživatele zaniká možnost importovat data do terapeutického systému odlišného výrobce zařízení. V praxi to tak často znamená, že komplexní data získaná při léčbě jsou separována do několika aplikací dle jejich typu. Některá data se také mohou nalézat na zcela odlišné platformě. Taková situace je pro retrospektivní vyhodnocení dat a tím i celkové kompenzace diabetu velmi obtížná. Trendem posledních let je zavedení spolupráce mezi výrobci tak, aby vznikla možnost synchronizace dat z diagnostických i terapeutických prostředků do jediného vyhodnocovacího systému. [27, 28, 29]

4.3.1 FreeStyle Libre Software

Čtečka měřicího systému disponuje pamětí na 10 000 zaznamenaných hodnot. Při standardní frekvenci měření v 15minutovém intervalu tak poskytuje paměť pro přibližně 100 dní kompletní glykemické křivky. Připojení k pracovní stanici probíhá skrze standardní microUSB konektor. Ze stažených dat je schopna aplikace generovat reporty do .pdf formátu. Prezentace dat na obr. 11 obsahuje celkový přehled průběhu glykemické křivky, denní, týdenní a měsíční shrnutí. To vše ve

zvoleném časovém intervalu. Čtečka také disponuje funkcí záznamu značek v době jídel, aplikací inzulinů nebo fyzické zátěže. Vzhledem k uzavřenosti systému a absenci komunikačních protokolů je tyto parametry nutno zadávat manuálně způsobem skrze dotykový panel. Mezi funkce vyhodnocovacího softwaru patří export dat do textového souboru, s nimiž je dále nakládáno v praktické části. [28]



Obrázek 11: Presentace dat průběhu glykemické křivky softwarem FreeStyle Libre [28]

Při potřebě synchronizace zařízení se čtečka nachází v režimu připojení k pracovní stanici, a to jí dočasně uvádí v neschopnost provést načítání dat ze senzoru. Kompletní synchronizace je však realizována během několika sekund, tudíž dočasné odstavení systému nemůže způsobit ztrátu měřených dat. [28]

4.3.2 Medtronic CareLink

Společnost Medtronic působí na trhu v oblasti poskytování především terapeutických prostředků pro aplikaci inzulinu. Nabízí také vlastní kontinuální monitor glykemie a spoluprací s firmou Ascensia vznikla podpora vzájemné komunikace s diagnostickými prostředky pro okamžité měření glykemie z kapilární krve. Veškerá data jsou soustředěna do vnitřní paměti inzulinové pumpy, kterou je možné pomocí bezdrátového systému USB modulem CareLink synchronizovat s webovou aplikací. Zařízení disponuje pamětí pro záznam všech aktivit provedených v posledních 90 dnech. Jedná se tak o unikátní systém, který soustředí data obsahující hodnoty glykemie, aplikovaných inzulinů a také dietního opatření do jednoho zařízení. Nutnou podmínkou pro dosažení této integrace je dispozice speciálně této kombinace léčebných prostředků, která se v praxi vyskytuje velmi zřídka.

Systém pracuje na principu generování zpráv ve formátu .pdf s možností zvolení libovolného časového období k vyhodnocení. Ve statistikách shrnuje vývoje a trendy glykemií vzhledem k době jejich výskytu. Také obsahuje modul pro detailní analýzu proběhlých hypoglykemických a hyperglykemických epizod. Ručním zadáváním hodnot vzhledem k nastavenému dietním

režimu lze získat také základní informace o množství konzumovaných sacharidů. Prakticky je z dostupných zpráv dohledatelná každá změna v dávkování bazálního profilu a jiných úprav léčebného režimu. V případě použití CGM získává uživatel další velké množství funkcí, např. variabilitu glykemií či procentuální zastoupení času stráveného ve stanoveném glykemickém rozsahu. Pro technicky zdatné uživatele se nabízí užitečná funkce exportu veškerých dat ve formátu .csv do dalších zařízení. Toho je využito při následném automatickém importu dat v praktické části diplomové práce při vytvoření softwaru DiaCareTel.

Nevýhodou systému je dočasné odstavení všech funkcí inzulinové pumpy ve chvíli, kdy probíhá synchronizace s pracovní stanicí. Tím vzniká problém v přerušení podávání inzulinu a synchronizace tak musí proběhnout v co nejkratším možném čase. Odpadá tak možnost trvalého spojení s pracovní stanicí a provádění kontinuální synchronizace dat v reálném čase. Jedná se tedy o asynchronní přístup k datům. [27]

4.3.3 Dexcom G5 Mobile

Programové vybavení určeno výhradně pro komunikaci se senzory CGM. Systém na obr. č. 12 zahrnuje vybavení určené jak pro platformy mobilních zařízení, tak pro pracovní stanice. Nespornou výhodou systému je umožnění synchronizace s mobilním zařízením v reálném čase během průběhu měření, čímž může pracovat jako zobrazovací jednotka. Podporovány jsou také doplňky nositelné techniky (např. chytré hodinky), které umožňují zobrazovat vybrané informace. Tento systém tak nabízí velice jednoduchý způsob přístupu k základním informacím, čímž se řadí mezi první mobilní technologie svého druhu.

Systém je založen na modulární architektuře, kdy k využívání monitorace kontinuálním monitorem slouží volně dostupná aplikace. Její funkcionality jsou téměř totožné, jako programové vybavení konkurenčních výrobců. Jedná se o archivaci dat, grafické a statistické vyhodnocení ve zvoleném časovém období s možností exportu do vybraných datových formátů. Vzhledem k tomu, že se jedná o aplikaci běžící na mobilním zařízení, je doplněna o prvky s upozorněním v oznamovací oblasti nebo přímo na pracovní ploše. [29]



Obrázek 12: Zpracování dat z CGM chytrými zařízeními [29]

Další z modulů ve formě rozšiřující aplikace dodává základní aplikaci další možnosti rozšíření. Jedná se o aplikaci umožňující sledovat průběh glykemické křivky v reálném čase dalšími uživateli, kterým je uděleno právo přístupu. Využití této aplikace najde uplatnění při dálkovém sledování např. u dětských pacientů, jejichž rodiče tímto budou mít komplexní přehled a můžou reagovat na potencionální rizika, které dítě není schopno správným způsobem vyhodnotit. Nutná podmínka pro funkčnost systému je vybavení sledovaného pacienta mobilním zařízením s nepřetržitou dostupností k internetové síti.

Ve srovnání s konkurenčními výrobky poskytuje tento produkt během měření současně komunikaci s koncovým zařízením bez ovlivnění funkčnosti systému. S využitím příslušného programového vybavení tak monitoring disponuje prvky telemedicínského přístupu k datům. [29]

4.4 Spotřební materiál

Celý léčebný proces si žádá celou řadu zdravotnického spotřebního materiálu. Tyto potřeby jsou značným finančním zatížením pro zdravotní pojišťovny, ale také pro samotné pacienty. Dle statistik pojišťoven tvoří výdaje na pokrytí léčby diabetu přibližně 13 % z celkového rozpočtu zdravotnictví. Nároky na spotřebu materiálu jsou u každého pacienta odlišné, pohybují se však řádově v desítkách až stovkách tisíc za jednoho pacienta ročně. Velkou roli hraje také výskyt některých sekundárních komplikací, protože jejich léčba mnohonásobně zvyšuje finanční nároky. Např. pacient, u něhož vznikne diabetická nefropatie s následkem absolutní renální insuficiencí, je odkázán na dialyzační program, jehož finanční náklady se pohybují okolo 0,5 milionu [Kč] ročně. Zdravotní pojišťovny tak vsázejí především na prevenci, aby zamezili vzniku této situace. [22, 23]

4.4.1 Úhrady z veřejného zdravotního pojištění

Snahou pojišťoven je zajistit vyčlenění optimálních finančních prostředků pro léčbu tak, aby mohla být dosažena vysoká kvalita zdravotnické péče. Zároveň jsou však nastaveny horní limity u konkrétních zdravotnických materiálů, které mohou být pacientovi v určitém časovém horizontu předepsány. Mohou mít charakter jak z hlediska množstevního nároku, tak stanovením podmínek, které musí pacient splnit pro získání tohoto materiálu. Některé prostředky je nutné z části hradit samotným pacientem (spoluúčast), u jiných je nutné schválení žádanky revizním lékařem. V případě, že pacient nesplňuje kritéria pro deskripci lékařského předpisu, je odkázán uhradit prostředek zcela ze svých zdrojů.

Prostředky nutné pro léčbu se liší v závislosti na typu onemocnění a konkrétní zvolené léčby. Mezi nejčastěji používané patří diagnostické proužky do glukometru, odběrové lancety, inzuliny, infuzní sety a nesmí chybět dezinfekční látky.

Množství nároku je dáno úhradovým katalogem zdravotnických prostředků Veřejné zdravotní pojišťovny České republiky. Tento rozsáhlý soubor je doplněn metodikou schvalování, která definuje podmínky, za kterých vůbec může být konkrétní druh prostředku předepsán. Textový dokument je zveřejňován jak VZP ČR, tak Svazem zdravotních pojišťoven České republiky (SZP ČR). V tabulce č. 2 je uveden roční nárok na množství spotřebního materiálu u dospělých pacientů s DM 1. typu, tedy s intenzifikovanou léčbou inzulinem:

Tabulka 2: Přehled množstevního nároku na zdravotnické pomůcky, [23, 32, 33]

zdravotnický prostředek	množstevní nárok	přibližná spotřeba	podmínka
diagnostické proužky ke stanovení glukózy	1000 ks	1460 ks	>3 aplikace inzulinu denně
proužky pro stanovení ketolátek v krvi	4 ks balení	4 ks balení	preskripce v diabetologických centrech, spoluúčast 25 %
lancety pro odběr krve	100 ks	365 ks	do výše 300,- Kč
jehly k inzulinovým perům	200 ks	1460 ks	do výše 530,- Kč
teflonový infuzní set k inzulinové pumpě	120 ks	120 ks	do výše 300,- Kč/ks
zásobník k inzulinové pumpě	neomezeno	120 ks	spoluúčast 25 %
kontinuální monitor glykemie	pokrytí 256 dní	365 dní	spoluúčast 25 %, nutná indikace (např. porušené vnímání hypoglykemie)

Z informací uvedených v tabulce 2 je zřejmé, že některé množstevní nároky nejsou schopny

pokrýt reálnou spotřebu pacienta. Např. nárok 1000 ks diagnostických proužků do glukometru umožňuje provést měření 2–3x denně. Pacienti však zpravidla provádějí diagnózu čtyřbodovým glykemickým profilem a alespoň jednou za kvartál rozsáhlý osmibodový profil. Spotřeba tak může mnohonásobně překročit množstevní nárok dle úhradového katalogu a pacienti jsou nuceni pokrýt spotřebu zdravotnických prostředků z vlastních finančních zdrojů. Různé kombinace diagnostických prostředků jsou nepřípustné, protože v případě využití nároku na provedení kontinuální monitorace glykemie se automaticky nárok na počet diagnostických proužků do glukometru snižuje na 100 ks. [22, 23, 32, 33]

5 Realizace telemedicínského monitorovacího systému

Pasáž popisující převážně realizaci praktické části diplomové práce, jejíž cílem bylo vytvoření telemonitorovacího systému určeného výhradně pacientům s DM a lékařům pro vyhodnocení průběhu léčby. Zahrnuje popis uživatelského prostředí, funkcionalit a technické řešení jednotlivých částí algoritmu v systému.

5.1 Telemedicína a eHealth

S masivním rozvojem informačních a komunikačních technologií se na přelomu 20. a 21. století začaly využívat také ve zdravotnictví. Zavedením elektrotechniky a informatiky do medicínských aplikací vzniklo tzv. elektronické zdravotnictví, později označováno jako eHealth. Tento systém vznikl s cílem podpořit a zefektivnit diagnostické metody, léčbu a prevenci. Základním předpokladem při využití ICT je zvýšení kvality zdravotní péče. Možnosti použití jsou však silně závislé na schopnostech konkrétního pacienta obsluhovat moderní technologie a v některých případech se tak stávají nepoužitelné.

Samotné elektronické zdravotnictví se skládá z dalších disciplín, mezi které patří telemedicína. Jedná se o medicínu provozovanou na dálku, tedy s využitím komunikační techniky. Mnoho pacientů využívá v léčbě nemocí kontrolu s použitím selfmonitoringu, kdy provádějí diagnostické postupy samostatně a často v domácím prostředí. Díky vybavenosti používaných prostředků internetovou konektivitou lze s využitím telemedicíny provést přenos dat a vyhodnocení lékařem bez nutnosti návštěvy zdravotnického zařízení. Přenos lze realizovat prakticky odkudkoli, kde jsou zařízení schopna se připojit do sítě internetu. Tímto lze ušetřit čas jak pacientův, tak personálu ve zdravotnickém zařízení. Telemedicínský systém lze využít také za účelem konzultační činnosti nebo edukace pacienta. Příkladem využití takového systému může být přenos glykemií u diabetiků, krevního tlaku hypertonických pacientů či hmotnostních parametrů při léčbě obezity. [34]

5.2 Vznik konceptu telemedicínského systému

Při realizaci diplomové práce byla navázána spolupráce s lokálními zdravotnickými zařízeními, konkrétně s Diabetologickým akreditovaným centrem Městské nemocnice Ostrava a Fakultní nemocnicí Ostrava. Na základě konzultací s lékaři v diabetologických ambulancích vznikl souhrn požadavků na funkce softwarového vybavení, které by z hlediska frekvence používání a efektivity při vyhodnocovacím procesu byly užitečné. Současně proběhla analýza nároků ze strany patientských uživatelů. Vznikl tak koncept rozsáhlého softwaru, který lze rozdělit dle cílové skupiny uživatelů na dvě hlavní části. Zpracování a samotné technické řešení vyžadovalo najít kompromis ve funkčnosti tak, aby části byly schopny pracovat se stejným datovým základem z důvodu zachování kompatibility.

Lékaři zpravidla hodnotí kompenzaci diabetu na základě odlišných kritérií než pacienti. Z toho důvodu bylo nutné vytvořit uživatelské role, podle kterých se mění také uživatelské prostředí z hlediska dostupných modulů a funkcností. Používání softwaru tak vyžaduje jednorázovou registraci uživatele. Pro efektivní pochopení zaznamenaných dat pacienty je kladen důraz na grafickou prezentaci s barevným odlišením fyziologických hodnot. Naopak z lékařského hlediska jsou sledovány parametry, které hrají v celkové kompenzaci diabetu výraznou roli. Jedná se např. o rozkolísanost glykemické křivky či hodnoty postprandiální glykemie (přibližně 90 minut po konzumaci sacharidů). Pacienti z pravidla nevěnují těmto parametrům přílišnou pozornost. Lékař také dává do souvislosti více aspektů najednou, takže sleduje časovou posloupnost jednotlivých léčebných činností a hodnotí jejich správné načasování. To klade požadavek na snadnou orientaci v časových řadách vykreslených grafů. Především je pak důležité sjednotit a linearizovat měřítko horizontální, tedy časové osy.

První programovou částí se rozumí prostředí určené výhradně pro přístup pacientů. Jejich úlohou během průběhu léčby je vedení záznamů o všech provedených činnostech, především diagnostických a terapeutických hodnot. Vytvořený software má za cíl usnadnit časové zatížení pacientů při této činnosti. Prakticky je tato úloha řešena automatizovaným importem dat z léčebných prostředků. Zavedení dat do aplikace za období posledních 90 dnů je tak otázkou několika málo minut. Veškerá data za celé léčebné období jsou poté archivována v databázovém souboru. Důležitá je evidence velikosti měřené veličiny a časové razítko definující čas měření. Databázový soubor je synchronizován skrze cloudovou službu, je tudíž dostupný po připojení k internetu.

Pro lékařské účely je vytvořena druhá programová část. Ve srovnání s první částí je v ní umožněno pouze čtení dat, nikoliv zápis a editace. Nabízí však rozšířené možnosti analýzy a prezentace dat, aby vyhověla nárokům a požadavkům lékařských pracovníků. Dostupnost dat je zajištěna přístupem přes cloud, tedy přenosem opačným směrem, než je tomu u patientské části programu. Architektura aplikace umožňuje sdílet data jednoho pacienta více lékařům prakticky v reálném čase. [23]

5.3 Použité nástroje a knihovny

Při vývoji praktické části byla použita celá řada nástrojů, které zajišťují jednotlivé funkcionality aplikace. Využitím modifikace některých volně šiřitelných knihoven tak odpadla nutnost kompletního implementování funkcí. Pro účely praktické realizace diplomové práce bylo použito vývojového prostředí IntelliJ IDEA od firmy JetBrains.

- **Java** – velice populární programovací jazyk, který je výhradně objektově orientovaný a multiplatformní. Vývoj probíhá od roku 1991 a jeho syntaxe vychází především z jazyka C a C++. Software vytvořený na této platformě je přenositelný, čímž je spustitelný jak na mobilních zařízeních, tak ve vestavěných a desktopových systémech. Mezi přední

vlastnosti patří robustnost, podpora mnoho architektur, podpora aplikací pracujících se síťovým připojením, automatizovaná správa paměti, bezpečnost.

Jako u většiny programovacích jazyků i v tomto případě může být použito ze široké škály vývojových prostředí. Jako výhodné se jeví zvolit konkrétní verzi programovacího jazyka JavaFX, z důvodu usnadnění vývoje internetových aplikací, které mohou běžet jako desktopová aplikace, webová stránka nebo na mobilním zařízení.

- **Maven** – nástroj použitý pro zajištění řízení aplikačních sestavení, tzv. buildů. Tímto je zajištěna kompilace a převod zdrojového kódu do konečné podoby softwarového prostředí. Jedná se však o zcela separovanou část vývojového prostředí, kdy je zcela na uvážení vývojáře, jaký nástroj zvolí. Zmíněný nástroj poskytuje výhodu v jednoduchosti procesu vytváření buildů, kdy odpadá nutnost kompilovat celý zdrojový kód v případě úprav pouze na některé z jeho částí. V případě rozsáhlých projektů tak zjednodušuje management a dokáže vývojáři uspořit mnoho času, např. automatickým importem knihoven a dalších modulů.

Princip činnosti spočívá v popsání celého projektu za pomoci POM (Project Object Model) s využitím XML souborů. Tento soubor má již předem definované funkce pro vytvoření propojení entity, perzistence, servisy a grafického uživatelského rozhraní, což je nezbytně důležité pro tvorbu buildů. Obsahem definičních souborů jsou také odkazy k externím knihovnám, se kterými daný projekt pracuje. Projekt je poté možné sestavit za pomoci jediného příkazu, přičemž na pozadí je provedena až stovka operací.

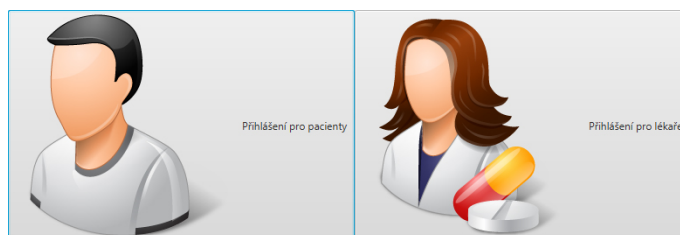
- **SLF4J** – jednoduchý záznamový návrhový vzor pro Javu (Simple Logging Facade for Java) je nástroj, za pomoci kterého lze vytvářet záznamová hlášení o vykonaných akcích a tvořit tak protokoly během běhu programu. Je schopen především zajistit komunikaci mezi mnoha systémy a uživatelem v rámci jediného rozhraní. Činnost ve formě záznamových zpráv lze zobrazit přímo ve vývojovém prostředí pro ladění programu, nebo v příkazovém řádku během standardního běhu aplikace.
- **Lombok** – knihovna určená ke zvýšení produktivity a rychlosti práce při vývoji projektu. Spočívá v anotaci automatizovaného generování metod pro navrácení a zápis hodnot neboli getterů a setterů. Napomáhá vývojáři snížením množství rutinní práce a redukcí množství kódu se zároveň zlepšuje přehlednost kódu. Prakticky lze některé rozsáhlé instrukce přes několik řádek zapsat modifikovanou zkrácenou verzí na jednom řádku. Celý obsah původního znění metody se poté vytvoří až při samotné kompilaci zdrojového kódu.
- **API Dropbox** – známá internetová cloudová služba je v rámci řešení praktické části diplomové práce využita k synchronizaci a zálohování veškerých databázových souborů. V Dropboxu je oficiálně implementováno programovací rozhraní s podporou jazyka Java. Předností použité platformy je její nenákladný provoz, ovšem pouze s omezeným datovým

úložištěm. Pro účely diplomové práce je však prostor dostačující. Vývojář má také v tomto případě na výběr z mnoha možností, jakým způsobem synchronizaci realizovat. K dispozici se nabízejí vlastní domény, servery nebo databázové platformy. V reálném provozu je z hlediska charakteru dat a výskytu citlivých patientských údajů ideální využít službu s vysokým stupněm zabezpečení. Implementace je v těchto případech téměř totožná, ovšem provoz těchto zařízení již vyžaduje pravidelné náklady na provoz.

- **JFreeChart** – grafická prezentace dat poskytuje užitečnou informaci o celkovém průběhu léčby, např. trend glykemických křivek nebo jejich rozkolísanost. K účelu grafické prezentace dat byla použita knihovna JFgreeChart, která poskytuje velkou škálu grafů s mnoha možnostmi nastavení vzhledu. Podporovaná funkce je také exportování grafického výstupu do standardních obrazových nebo grafických formátů. [35, 36, 38]

5.4 Tvorba grafického uživatelského rozhraní a funkcionalit

Uživatelské rozhraní je vytvořeno pomocí základních interaktivních grafických prvků, kterým lze přiřadit různé akce pro vykonání. Mezi použité prvky patří tlačítka, textová pole pro zápis, popisky, rozbalovací seznamy. Vlastnosti každého prvku, mezi které patří poloha, velikost, název či označení, se nacházejí v JXML souborech. Grafická podoba aplikace je dána především výskytem grafických ikon u jednotlivých ovládacích prvků.



Obrázek 13: Výběr uživatelské role při spuštění aplikace

Rozdělení uživatelských rolí si vyžádalo vytvoření sekce pro výběr uživatele, znázorněné na obr. 13 v grafickém uživatelském rozhraní. Tímto je zajištěna možnost používání softwaru neomezeným počtem uživatelů na jedné pracovní stanici. V případě využití systému novým uživatelem je zapotřebí provést registraci, ve které se zavádí do databázového souboru osobní údaje uživatele, v případě pacienta pak informace o léčbě diabetu a kontakt na diabetologickou ambulanci. U každého uživatele je automaticky vložena také informace do proměnné willDoctor, která znamená přiřazení role v systému. Daný sloupec v databázi obsahuje u uživatelů s rolí pacienta hodnotu 0 a s rolí lékaře hodnotu 1. Z důvodu předpokladu velkého počtu patientských uživatelů v databázi, bylo jako jedinečný identifikátor zvoleno rodné číslo. Uživatelé v roli lékaře jsou vedeni s jedinečným identifikátorem uživatelského jména. Tyto identifikátory zároveň slouží jako primární klíče při manipulaci s daty na úrovni databáze.

Další popis grafického rozhraní a funkcionalit je rozdělen dle typu zvolené uživatelské role z důvodu odlišností některých prvků a práv při manipulaci s datovými prvky. [37, 39]

5.4.1 Pacientská část

Grafické uživatelské rozhraní pacienta se skládá celkem z pěti modulů:

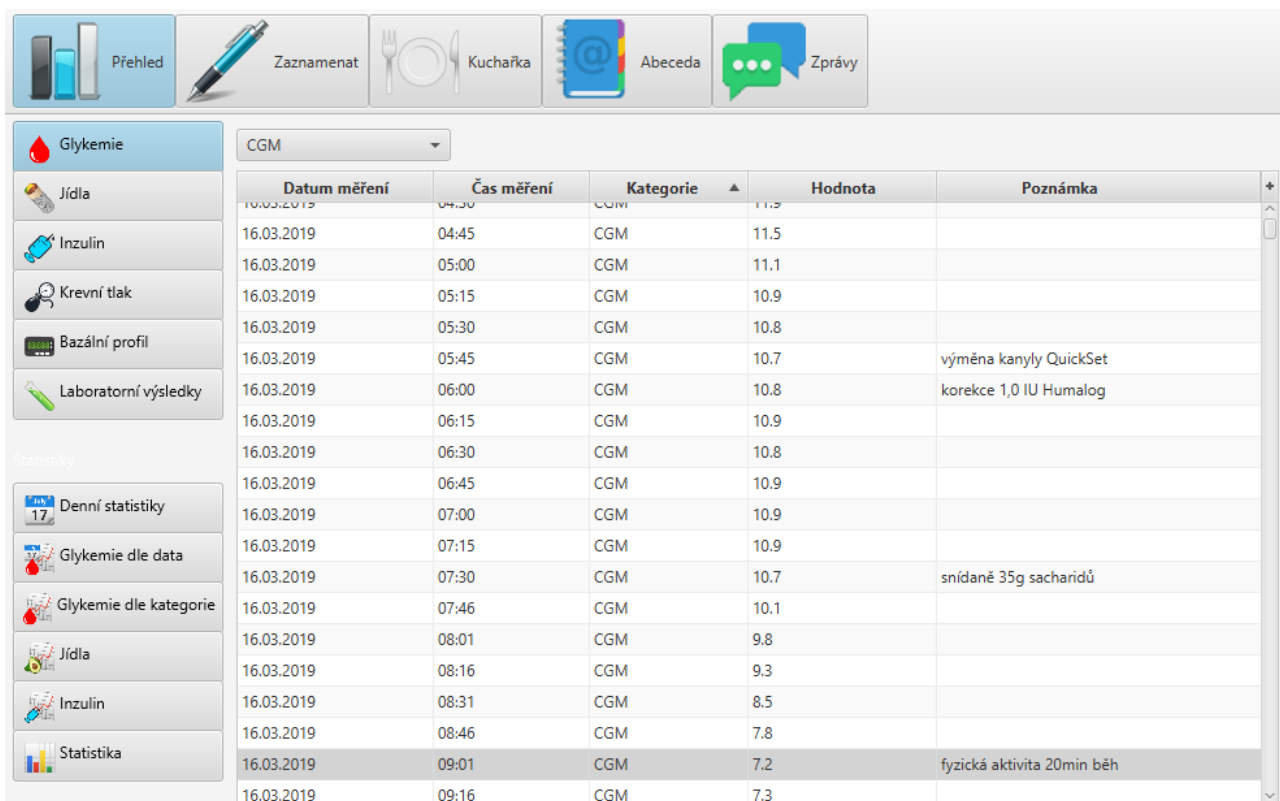
- Přehled
- Zaznamenat
- Kuchařka
- Abeceda
- Zprávy

Modul sloužící k zaznamenání diagnostických a terapeutických hodnot, konkrétně hodnot glykemií, dávek inzulinu, krevního tlaku, dietního režimu a laboratorních výsledků. Činnost spočívá v ručním zápisu informací a jejich parametrů do příslušných textových polí a následné zpracování s vložením do perzistentní vrstvy (v databázovém prostředí tzv. insert). Zpracováním se myslí např. sjednocení oddělovacího znaku desetinného místa, kdy je do databáze vkládána vždy hodnota s desetinnou tečkou. V řadách široké veřejnosti se používá velmi často desetinná čárka, která není kompatibilní s některými datovými typy, proto probíhá v servisní vrstvě na pozadí nahrazení znaků. Je tak ošetřena varianta, kdy pacient může vkládat hodnoty v libovolném tvaru bez případných kolizí. U každé vkládané hodnoty je nutno vyplnit datum měření, čas a výslednou naměřenou hodnotu. Jako doplňkové atributy lze vyplnit ke každému záznamu poznámku a jeho kategorii.

Přehledová část na obr. 14 nabízí kompletní přehled dat nacházejících se v uživatelské databázi. Prezentace je umožněna jak ve formě tabulkového náhledu, tak grafického zpracování. Modul obsahuje položky pro výběr kategorie dat, které jsou v danou chvíli oblastí zájmu. Zahrnuty jsou glykemická diagnostická data, hodnoty konzumovaných sacharidů při dietním režimu, velikosti terapeutických dávek inzulinu, hodnoty krevního tlaku, výsledky laboratorního vyšetření z krevního séra a v případě léčby inzulinovou pumpou evidence bazálního profilu. Část grafické prezentace dat poté obsahuje kategorie pro zobrazení kompletních denních přehledů, glykemických údajů v definovaném rozmezí časového horizontu nebo denní doby (např. pouze hodnoty na lačno či v noci), dále přehledy sacharidové diety, terapeutických hodnot inzulinu a celkové statistiky. V každé kategorii lze vybírat z konkrétního data nebo rozsahu termínu, pro který mají být selektována data z databáze. Pro účely zobrazení hodnot grafickým způsobem bylo využito následujících grafů:

- bodový graf,
- krabicový graf (boxplot),

- sloupcový graf a histogram,
- spojnicový graf,
- výšečový graf.



Obrázek 14: Prostředí přehledu patientských zaznamenaných hodnot

Modul „Kuchařka“ může sloužit především diabetikům s krátkou dobou onemocnění, během které se musí seznámit se všemi mechanismy, které ovlivňují léčbu. Jedním ze zavedených opatření ve většině případů bývá sacharidová dieta, kdy je pacient odkázán na podrobnou analýzu složení nutričních hodnot v konzumované potravě. Předmětem zájmu je množství sacharidů a cukrů. Zvláště pro začínající diabetiky je toto obtížné, protože nemají představu o nutričních hodnotách výrobků. Tento modul rozšiřuje celý systém o databázi běžně dostupných potravin, přičemž hlavní vedené atributy jsou nutriční hodnoty jednotlivých výrobků. Databáze je libovolně rozšiřitelná o další položky, tudíž každý uživatel ji může editovat dle vlastních preferencí. Uživatel při použití tohoto modulu prochází kategoriemi výrobků a vybrané má možnost přidat do inventáře, který představuje souhrn všech potravin, které obsahovala porce stravy. V inventáři stačí vyplnit gramáže potravin a na výstupu modulu vznikne tabulka nutričních hodnot obsažená v celé porci.

Obdobně jako v předchozím případě, také modul „Abeceda“ slouží k edukaci pacienta. Jedná se o modul disponující rozhraním umožňující prezentaci rozsáhlých textových polí. Prakticky se

jedná zobrazovač hypertextových značkovacích souborů HTML. Zobrazené informace mohou být čteny ze souborů nacházejících se v lokálním úložišti na pracovní stanici, nebo také přímo z webových odkazů ve formě internetových stránek. Kategorie a témata článků jsou rozdělena v rozbalovacím seznamu, ze kterého si pacient může vybírat dle oblasti zájmu nebo náročnosti dané problematiky vzhledem k jeho dosavadním znalostem. Pacient zde nalezne informace o problematice diabetu, doprovodných sekundárních komplikacích nebo v případě dostačujících znalostí vysvětlivky zkratk a klinického významu laboratorních hodnot (např. hodnoty kreatininu, cholesterolu či C-reaktivního proteinu).

V posledním modulu je řešen požadavek na zajištění komunikace ve formě korespondence mezi pacientem a lékařem. Pracuje na bázi zanechání zpráv v uživatelském účtu. Korespondence je obousměrná, tzn. pacient může zanechat zprávy určené lékaři a naopak. Prakticky lze tuto funkci využít pro sdělení ohledně změn v léčebném režimu, nebo s požadavkem pacienta na předepsání spotřebního materiálu. V současné době je již možné využít služeb elektronické preskripce (eReceptu), takže pacient je schopen opatřit si potřebný materiál bez nutnosti osobní návštěvy zdravotnického zařízení za účelem předepsání receptu. Každá zpráva je charakterizována předmětem, časem odeslání, jménem autora a samotným obsahem zprávy.

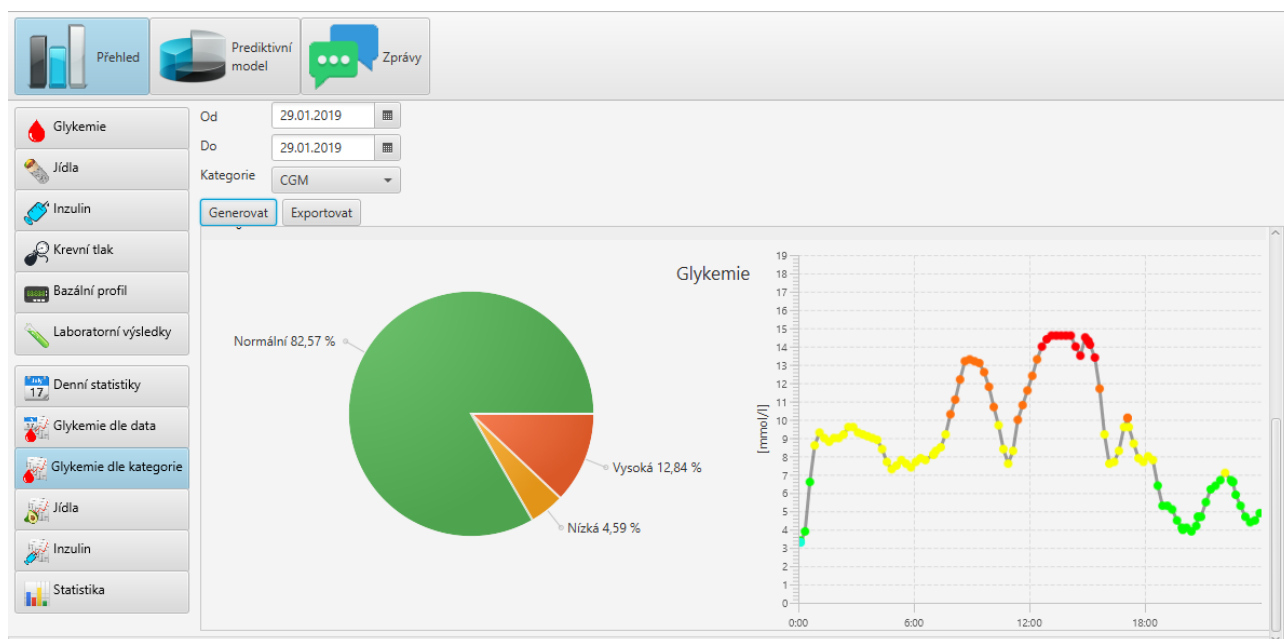
Další funkcionality se nacházejí v kontextové nabídce, kde lze nalézt základní možnosti nastavení aplikace nebo automatizovaný import dat ze zdravotnických prostředků. Import hodnot ze souborů s oddělovači lze provést ze zařízení Medtronic, FreeStyle a Dexcom. Každý zdravotnický přístroj zpravidla disponuje odlišným komunikačním protokolem, který je nutné zvlášť implementovat systému. V nabídce nastavení se také nachází Dropbox klíč, který slouží k propojení uživatele se vzdáleným adresářem, který slouží k synchronizaci mezi lékařem a pacientem. Bez vyplnění klíče program pracuje pouze lokálně a není zajištěna synchronizace do vzdáleného adresáře na cloudu. Mezi další funkce patří výběr jazykové lokalizace programu, editace uživatelského profilu nebo manuální synchronizace databáze.

5.4.2 Lékařská část

Přístup do lékařské části systému vyžaduje mírně odlišné funkcionality, než je tomu v případě pacienta. Přihlášení i registrace je provedena totožným způsobem, ovšem u lékaře nejsou vedeny informace o onemocnění. Tyto změny se projevují pouze ve změnách v grafickém uživatelském rozhraní a strukture databázové tabulky. Registrace uživatele s rolí lékaře je však ošetřena heslem, protože má právo nahlížet na data prakticky jakéhokoliv pacienta. Hlavní uživatelské okno je redukované a skládá se ze tří modulů:

- Přehled
- Zprávy
- Prediktivní model

Náhled do zaznamenaných hodnot je znázorněn na obr. 15 a je prakticky totožný s přehledem dat v patientské části programu s tím rozdílem, že lékaři není umožněno provádět editaci ani vytvoření nového záznamu. Přehled je tak tvořen tabulkovou částí a grafickou prezentací dat, kdy uživatel může libovolně volit kategorie dat a časové období, ze kterého má být tvořena statistika. Vzhled i funkcionality všech implementací je zachována totožným způsobem.



Obrázek 15: Přehled zaznamenaných hodnot v lékařské části programu

Korespondenční modul taktéž disponuje stejnými funkcionalitami a rozhraním. Prakticky se jedná o druhou stranu komunikačního řetězce. V tomto jediném případě má lékař vytvořením příspěvku ve formě zprávy pravomoc zapsat do pacientovy databáze data.

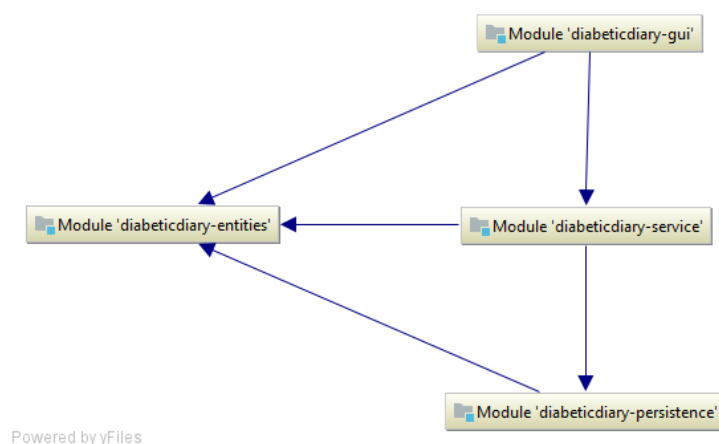
Prediktivní model je modul určený k vyhodnocení kompenzace diabetu za zvolené období a výpočtu rizika vzniku některé sekundární komplikace. Rozhraní je vytvořeno převážně textovými řetězci, které přiřazují jednotlivé stupně vyhodnocených dat do předem definovaných kategorií. Mezi porovnávaná data patří průměrná glykemie, medián, hodnoty HbA_{1C} , průměrná hodnota krevního tlaku a výskyt mikroalbuminurie. Pro větší vypovídající hodnotu zahrnuje rozhraní algoritmus pro přepočítání průměrné glykemie na hodnotu hemoglobinu a opačně. Základním a spolehlivým ukazatelem kompenzace je glykovaný hemoglobin a dle vzájemných vazeb s dalšími klinickými hodnotami je vypočítáno procentuální riziko vzniku komplikace. Důležitým aspektem při tomto vyhodnocení je délka samotného onemocnění. Navíc je nutné nahlížet na dosažení kompenzace v jednotlivých časových úsecích během celé doby výskytu diabetu. K tomuto účelu slouží funkcionality zajišťující výběr časového rozsahu, ze kterého má výpočetní algoritmus čerpat data. Jako urychlující makra jsou přednastavena tlačítka s funkcí automatického vyplnění doby za poslední týden, měsíc nebo 3 měsíce. Libovolně však lze počáteční datum změnit prakticky až do doby několika let zpátky, kdy začal pacient evidovat záznamy pomocí aplikace.

5.5 Algoritmizace

Struktura aplikace je vytvořena na bázi třívrstvé softwarové architektury. Skládá se z prezenční, aplikační (servisní) a perzistentní vrstvy. Schématické znázornění vzájemných vazeb jednotlivých vrstev je prezentováno obr. 16. Všechny zmíněné vrstvy jsou závislé na entitách. Jednotlivé vrstvy zpracovávají odlišné úlohy:

- Prezenční vrstva slouží k vizuální prezentaci informací. Jedná se tedy o rozhraní, se kterým přijde do kontaktu obsluhující uživatel. Primární funkcí je reakce na provedené akce uživatelem, např. stisk tlačítka nebo vyplnění textového pole. Veškerá komunikace ve formě odesílání a přijímání dat je prováděna s aplikační vrstvou.
- V aplikační vrstvě probíhá veškerá logika ve formě zpracování dat a matematických výpočtů. Po těchto operacích jsou data buďto předána zpět do vrstvy prezenční, nebo uložena do perzistentní vrstvy za účelem dlouhodobé archivace.
- Perzistentní vrstva je zodpovědná za poskytování dat směrem do aplikační vrstvy, případně uložení do databázového souboru. Aplikace využívá vzdáleného přístupu k cloudovému úložišti, se kterým synchronizuje databáze. Výhoda tohoto způsobu ukládání dat není pouze v možnosti zpřístupnění dalším uživatelům, ale zajištění použitelnosti aplikace na neomezeném počtu zařízení, přičemž je zaručena práce vždy s aktuální verzí databáze. Nevýhodou může být závislost připojení k internetu, bez kterého není aplikace použitelná.

Příkladem funkce jednotlivých vrstev může být proces, kdy uživatel provede stisknutí tlačítka pro zobrazení statistik glykemie. V době stisknutí tlačítka vznikne příkaz v prezenční vrstvě, kterým žádá zobrazení hodnot. Příkaz je zaznamenán aplikační vrstvou, která provede definici atributů (např. výběr data). Zpracovaný požadavek je odeslán do nejnížší perzistentní vrstvy, která provede selekci dat dle atributů a vytvořenou kolekci odešle zpět aplikační vrstvě. V ní dojde k vytvoření tabulky s následným předáním do nejvyšší prezenční vrstvy a zobrazením čitelných dat pro uživatele.



Obrázek 16: Schéma použité třívrstvé architektury

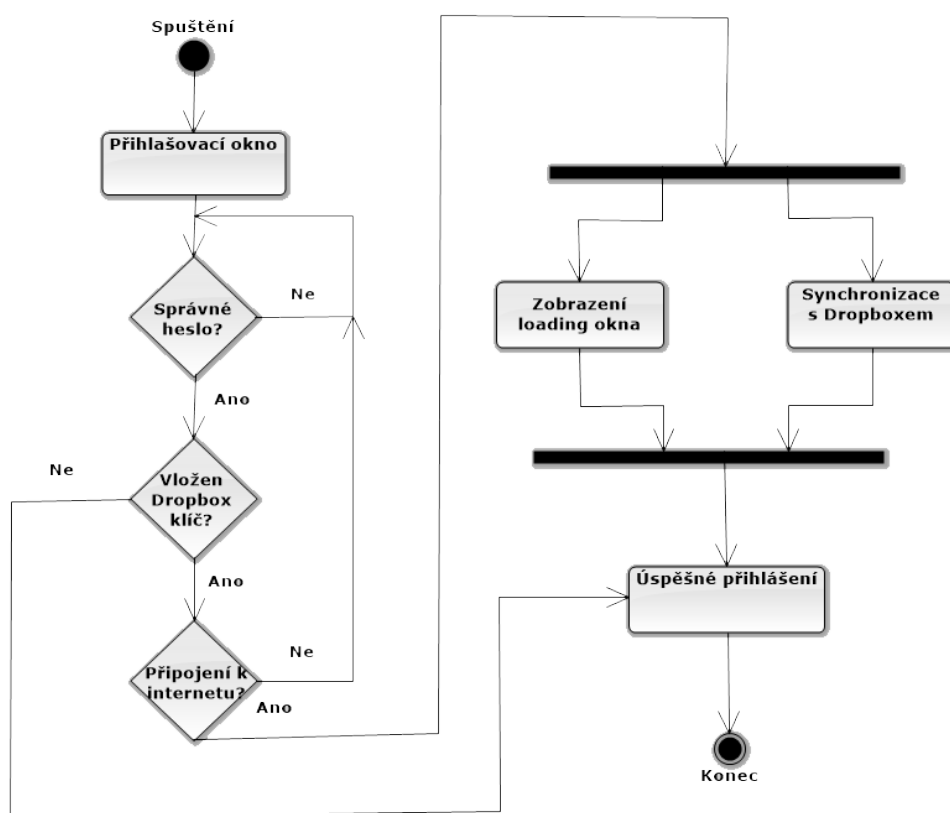
Jednotlivé vrstvy v obr. 16 jsou na sobě nezávislé, tzn. kterákoliv z nich může být nahrazena jinou vrstvou. Tímto je zajištěna modularita architektury. Prezentační vrstva může být zaměněna z procesu v nativní aplikaci za konzolovou nebo webovou vrstvu. Stejným způsobem může být nahrazena perzistentní vrstva místo použité SQL databáze za jiný datový typ nebo vzdálenou databázi. Musí však být zajištěna kompatibilita ve formě totožných datových typů a způsobu vzájemné komunikace mezi jednotlivými vrstvami.

5.5.1 Uživatelské role a přihlášení do aplikace

Jak již bylo zmíněno, role pacienta a lékaře je rozlišena binární hodnotou nacházející se v tabulce v perzistentní vrstvě. Jako úvodní okno po spuštění aplikace je zobrazen kontroler `UserOrDoctorController`, který zajišťuje volbu uživatelské role. Dle zvolené položky ukládá do proměnné `willDoctor` hodnotu logická 1 nebo 0, protože se jedná o proměnnou typu boolean. Po výběru role dochází k zavření okna a otevření nového kontroleru `LoginController`. Během tohoto procesu je aplikační vrstvou provedena selekce dat uživatelských účtů z perzistentní vrstvy s odpovídající uživatelskou rolí. Výsledkem je stažený seznam uživatelů v rozevíracím menu, pomocí kterého je možno vybrat daného uživatele, zadat heslo a přihlásit se do aplikace. Po tomto úkonu je provedena rozsáhlá posloupnost činností (viz obr. 17). Jedná se o verifikaci uživatele a přihlašovacího hesla, kontrolu dostupnosti internetového připojení, zavedení uživatelského nastavení, synchronizaci databáze s Dropboxem a v případě úspěšného vykonání všech těchto dílčích částí spuštění hlavního okna `MainWindowController`.

U procesu přihlášení je v případě role lékaře totožný celý postup algoritmu, až na jedinou výjimku v podobě výběru pacienta, kterého chce lékař prohlížet. Úkon výběru pacienta ze seznamu je realizován oknem `PatientChooserWindow`. Tento proces je vnořen do posloupnosti událostí po stisku tlačítka k přihlášení, konkrétně za kontrolu internetového připojení. Během spuštění okna

pro výběr pacientů je předán příkaz aplikační a perzistentní vrstvě a metodou readPatients je zobrazen výpis seznamu pacientů, na které lze nahlížet.



Obrázek 17: Diagram aktivity přihlášení do aplikace

V seznamu uživatelů se však mohou nacházet pacienti, se kterými již mají lékaři propojený účet, ale také nově registrovaní pacienti. Ve výpisu je poté možné vidět seznam pacientů s viditelným jménem a položky s názvy obsahující pouze rodné číslo. Aby lékař mohl nahlédnout na data libovolného pacienta, je nutné provést propojení účtů vyplněním jména, příjmení a uživatelské přezdívky pacienta v přesném tvaru, jako má pacient uvedeno v registračních údajích. Tímto dojde k přiřazení daného pacienta k lékaři a ten získá oprávnění číst jeho data z perzistentní vrstvy. Bez vyplnění tohoto pole nebude mít lékař oprávnění ke čtení uživatelských dat z cloudového úložiště.

5.5.2 Zajištění synchronizace dat skrze Dropbox

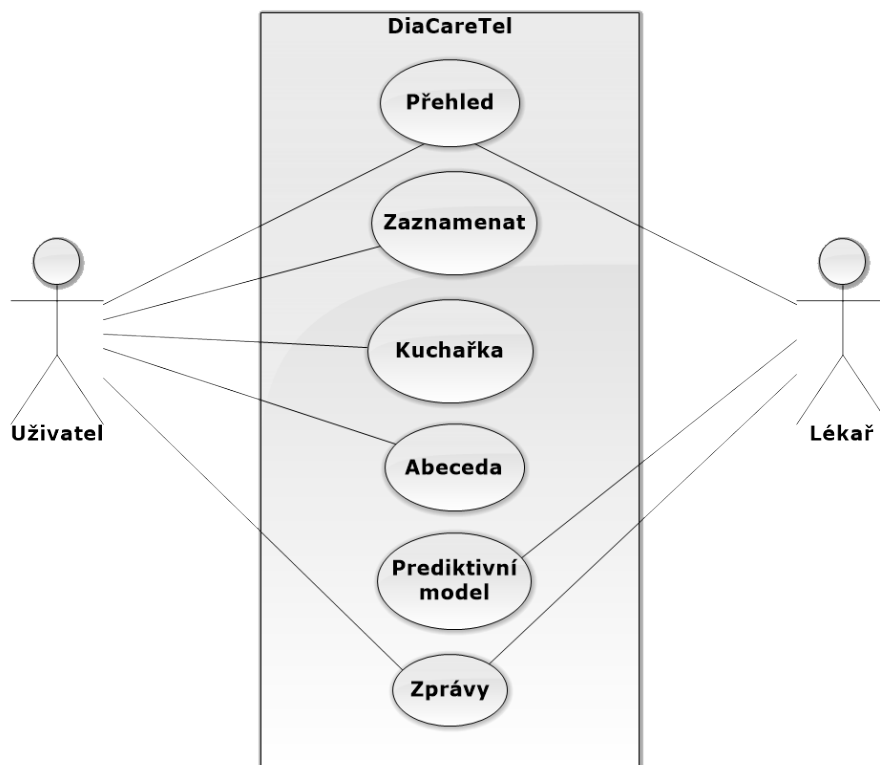
Při vytvoření požadavku na přístup do databáze skrze cloudové úložiště je volána metoda processDropbox ve třídě DropboxAPI. Jedná se o třídu s možností běhu jako paralelní vlákno. Je tedy možné ji volat za současného běhu jiné části aplikace. Požadavek je zpracován připojením k dané databázi, nastavením konfiguračních údajů a spuštěním instance na šifrovací třídu. Název databázového souboru je určen dle jména, příjmení a uživatelské přezdívky. Dle typu požadavku

jsou poté volány metody pro nahrání, stažení, editaci, porovnání či smazání databázového souboru. Během vykonání algoritmu tak proběhne proces, kdy je zjištěna existence databázového souboru a při pozitivním výsledku je kontrolována verze obou souborů. Využívá se k tomu atribut data modifikace a při tomto procesu je starší verze souboru nahrazena novějším.

Pro zajištění bezpečnosti dat jsou veškeré proměnné při vkládání do databáze zašifrovány 256 bitovým klíčem. Při náhledu do souboru tak nejsou data čitelná, protože se jedná o řetězec s hexadecimálními znaky. Při zpětném vyčítání tak musí veškerá data zpracovat aplikační vrstva programu a metodou tomu určenou znaky dešifrovat zpět do čitelné podoby pro uživatele. Šifrovány jsou i samotné názvy databázových souborů, takže nejsou čitelné ani personální údaje registrovaných pacientů. Šifrovací i dešifrovací klíč musí nabývat totožného tvaru. V případě vytvořené aplikace je definován na úrovni programátorského rozhraní a není tudíž dostupný pro běžné uživatele, např. za účelem jeho editace nebo jiného šíření.

5.5.3 Vykreslení ovládacích prvků v hlavním okně

Hlavní ovládací prvky aplikace lze rozdělit do dvou oblastí. První z nich je horizontální nabídka umístěná v horní části grafického rozhraní a druhá vertikální menu nacházející se v levé části. Tato prostřední nejsou tvořena pomocí značkovacího jazyka FXML, ale je nutno je vytvořit ručními příkazy. Jedná se o nastavení grafických ikon, rozměrů jednotlivých polí a tlačítek. Zpracování těchto definičních atributů zprostředkovává třída sloužící jako kontroler hlavního okna. Jednotlivé moduly v horizontální jsou v uživatelském prostředí odlišné dle typu uživatelské role. Dostupnost jednotlivých modulů pro uživatele je znázorněna obrázkem č. 18.



Obrázek 18: Schéma dostupných aplikačních modulů v závislosti na uživatelské roli

Vzhledem k tomu, že se v aplikaci vyskytují dvě možné rozdílné role, je danou metodou zkontrolováno, zda se jedná o roli pacienta či lékaře pomocí již zmíněné logické hodnoty 1 nebo 0. Protože je grafické rozhraní horizontální nabídky v obou případech odlišné, podle aktuální role se dále odvíjí proces vykreslení grafického rozhraní. Toto je vyřešeno rozhodovací podmínkou na začátku metody cyklem if. Posloupnost při vykreslování tedy začíná při ověření uživatelské role a podle tohoto kritéria vykreslení horizontální nabídky. Dle zvolené položky v této nabídce dochází k vykreslení vertikálního menu, přičemž výběr konkrétní položky provede akci vykreslení grafického rozhraní v největší oblasti aplikačního okna.

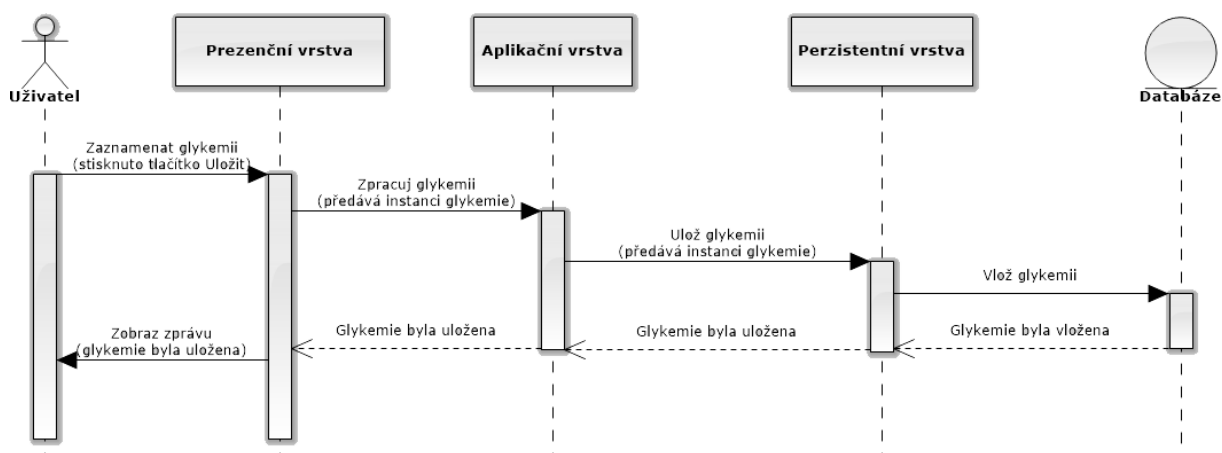
Grafické znázornění použitých tříd pomocí diagramu se nachází v přílohách.

5.5.4 Záznam hodnot do databáze (práce s databázovým souborem)

Úroveň perzistentní vrstvy je realizována použitím strukturovaného dotazovacího jazyka SQL. Příkazy slouží k vytvoření uživatelské databáze, archivaci záznamů a při prezentaci dat jejich zpětnou selekci. Pro manipulaci s daty mezi perzistentní a aplikační vrstvou jsou využívány dotazovací příkazy pro výběr, editaci, vložení a odstranění záznamů. Ve vývojovém prostředí nabývají tvaru SELECT, UPDATE, INSERT a DELETE. Pro vytvoření nebo odstranění celé tabulky je využíváno příkazů CREATE a DROP.

Sekce pro ruční záznam patientských dat nabízí možnost zápisu hodnot glykemických, aplikovaných inzulinů, konzumovaných sacharidů, krevního tlaku a laboratorní analýzy. U každé položky se nachází textová pole pro zápis vstupních parametrů. Vždy je nutné povinně vyplnit položky definující čas s datem měření a výslednou hodnotu měřené veličiny. Mezi volitelné položky pak patří kategorie daného záznamu a textová poznámka. Proces uložení hodnot do databáze je u všech položek stejný, až na drobné výjimky, kdy např. u hodnoty krevního tlaku jsou vkládány tři hodnoty během jednoho procesu (hodnota systolického, diastolického tlaku a tepová frekvence).

Po stisku tlačítka pro vložení hodnot dojde ke spuštění několika po sobě následujících metod. Celou sekvenci procesů a komunikaci mezi vrstvami popisuje obr.19. V první řadě jde o zjištění validity zadaných informací, tzn. kontrola výskytu hodnoty na fyziologické úrovni (nebo alespoň na úrovni měřících rozsahů přístrojů), zaokrouhlení desetinných míst a sjednocení oddělovače desetinného místa na tečku. Poté je již kontrolována podmínka vyplnění povinných polí a vytvořená instance jednotlivé textové řetězce ukládá ve formě stringu do proměnných. Další metoda zajišťuje konektivitu s uživatelskou databází a obsahuje samotné SQL příkazy pro vložení hodnot do tabulky. Proces ukládání končí až okamžikem, kdy je spuštěn příkaz k ukončení spojení s databázovým souborem. Během celého procesu zpracování a vkládání dat do databáze je úspěšnost jednotlivých kroků kontrolována proměnnou nabývající hodnot true a false. V případě neúspěchu kterékoliv dílčí části dojde k navrácení hodnoty false, která vyvolá nové okno s upozorněním na neúspěšnou operaci. V opačném případě při navrácení hodnoty true je zobrazena zpráva oznamující úspěšné uložení do databáze a zároveň vymazán obsah textových polí v grafickém rozhraní, aby nedošlo k vícenásobnému nechtěnému zápisu.



Obrázek 19: Sekvenční diagram uložení glykemie do databázového souboru

Všechny použité databázové třídy dědí z jedné hlavní třídy Database. Názorný databázový třídní diagram, který se nachází v přílohách, zobrazuje všechny zahrnuté třídy v aplikaci, jejich obsah, konstruktory a vlastnosti proměnných. Všechny třídy jsou objekty typu Data Transfer Object, tzn. objekt, který je určen k přenosu dat mezi různými procesy nebo skrze síť.

5.5.5 Edukační moduly

Vývoj aplikace zahrnoval algoritmizaci dvou modulů určených k edukačním účelům:

- Edukační modul „Kuchařka“ je složen z grafického rozhraní a několika tlačítek pro vykonání akce. Po úvodní inicializaci grafického rozmístění jednotlivých prvků je spuštěna metoda pro výběr položek z databázové vrstvy. V aplikační vrstvě jsou vytvořeny dvě různé kolekce dat. První kolekce odpovídá kompletnímu seznamu položek z databáze a druhá kolekce slouží pro přesunutí jednotlivých položek na virtuální talíř. Vykonání akce stisknutím tlačítka tak způsobí změnu položek v dané kolekci, např. při výběru mléčných výrobků v hlavním menu dojde k selekci dat splňující tuto podmínku a dojde k zobrazení v kolekci. Následný výběr potravin opětným stisknutím tlačítka vytvoří záznam v seznamu položek na talíři. Poslední fáze výpočtu v aplikační vrstvě provede přepočtení nutričních hodnot do grafické tabulky. Každé stisknutí tlačítka tak vyvolá několik po sobě následujících aktivit a procesů, které se však vzhledem k nízké náročnosti a vysokému výpočetnímu výkonu jeví jako plynulý běh programu.

Záznam nových položek do databáze je možno provést v příslušné sekci, přičemž algoritmus je totožný, jako v případě již zmíněného záznamu jakékoliv jiné hodnoty do perzistentní vrstvy.

- Druhý edukační modul „Abeceda“ poskytuje funkci prohlížeče HTML webových stránek. Grafické rozhraní je definováno pomocí jednoho FXML souboru a je složeno z rozevíracího seznamu, který obsahuje tlačítka s jedinečným identifikátorem. Úvodní inicializací je nastavena velikost fontu, přidělení popisků, rozmístění grafických prvků a chod rozhraní poté řídí během celého procesu jeden kontroler. V proměnné je uložen identifikátor aktuálního zobrazeného okna, přičemž stisk tlačítka vyvolá akci uložení nového identifikátoru do proměnné a metodou pro aktualizaci grafického rozhraní proběhne načtení souboru s odpovídajícím identifikátorem, který je totožný, jako identifikátor akčního tlačítka. Všechny soubory mají předem definovaný obsah a lze je editovat bez nutnosti zásahu do zdrojového kódu aplikace. Případné rozšíření modulu o články by vyžadovalo přidání dalších tlačítek s identifikátory.

Vzhledem ke struktuře modulu lze místo vlastních definovaných textů odkazovat přímo na webové stránky s využitím internetového přístupu. Lze tak implementovat různá oficiální interaktivní prostředí např. od výrobců zdravotnických pomůcek pro diabetiky, která mohou obsahovat návody na použití a další užitečné dokumenty.

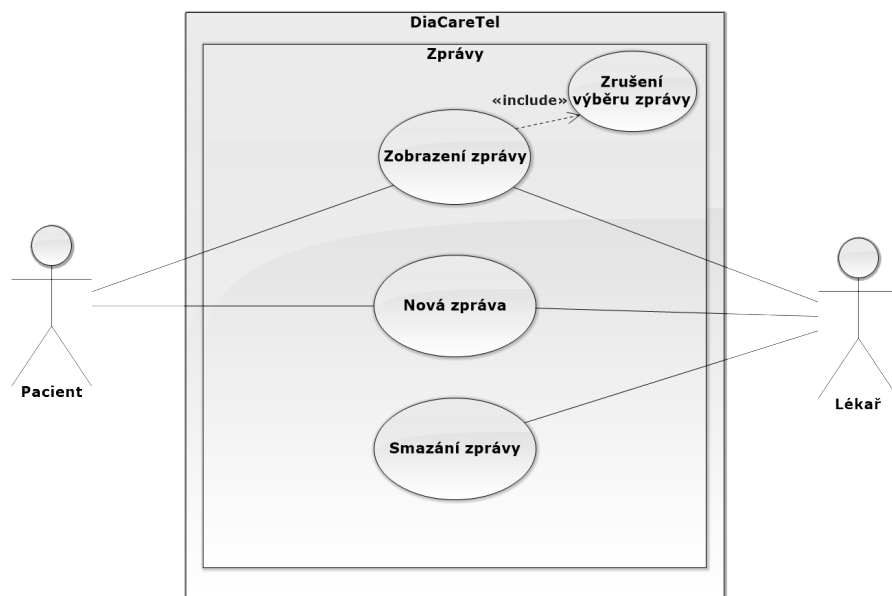
5.5.6 Automatizovaný import ze zdravotnické techniky

Uživatel může vybrat ze tří druhů podporovaných zařízení pro automatizovaný import, přičemž pro vykonání této činnosti musí označit výrobce zařízení a druh dat k importu. Tato operace

je nutná z důvodu odlišnosti struktur souborů obsahující data v rámci každého výrobce zdravotnické techniky. Selekcí výrobce je tak zavedena předem definovaná mapa, která obsahuje indexy sloupců jednotlivých proměnných, které mají být načteny a importovány do databáze. Proces probíhá ve všech případech stejným způsobem, kdy je text rozdělen do sloupců pomocí tabulátoru a jednotlivé řádky jsou následně převedeny textového pole. Dle informace získané z mapy proběhne selekce hodnoty z příslušné pozice, např. hodnota glykemie z CGM Medtronic se nachází ve sloupci AE, je tudíž vybrána 31. pozice v pořadí. V následném kroku je vytvořena instance glykemie a jednotlivé obsahy textových polí se seskupí do kolekce hodnot glykemie. Využitím příkazu INSERT je celá kolekce vložena databázového souboru, obdobně jako při manuálním vložení hodnot.

5.5.7 Komunikační modul

Jedná se o jeden ze společných modulů pro pacienta i lékaře. Schéma udělení práv v obr. 20 definuje možnosti vykonání různých akcí v modulu různými uživateli. Při vstupu do modulu se provede prvotní inicializace pro zavedení grafického rozhraní z FXML souboru. Současně je perzistentní vrstvou provedena selekce zpráv z patientského databázového souboru. Tabulka obsahuje sloupce pro uchování data vytvoření zprávy, jméno autora, předmět a textový řetězec samotné zprávy. Zprávy jsou seřazeny v náhledovém okně dle data záznamu. Po provedení akce stisku tlačítka na dané zprávě dojde k načtení textového řetězce a samotného obsahu do velkého náhledového okna. Pomocí dostupných tlačítek je možné se zprávou provést akci smazání záznamu, čímž je vygenerován příkaz DELETE. Vytvoření nové zprávy vyvolá příkaz INSERT a vloží textový řetězec s příslušnými údaji do databázového souboru. Nutná podmínka pro vykonání zápisu je vyplnění položky předmět a zároveň textového pole. V případě prázdného řetězce v daném textovém poli je zobrazeno varování o neúspěšném průběhu zápisu dat. Každý stisk akčního tlačítka má za následek provedení obnovení grafického rozhraní, aby byly viditelné případné změny v zaznamenaném obsahu.



Obrázek 20: Schéma práv uživatelů v komunikačním modulu

5.6 Návrh dalšího vývoje aplikace

Technologie používané při léčbě diabetu jsou stále ve fázi vývoje a na trhu se tak objevují zařízení s novými funkcemi či komunikačním rozhraním. Důkazem toho je provedená změna v datové struktuře exportovaných souborů z terapeutického systému, která několikrát během vývoje aplikace nastala. Tato skutečnost znamenala nutnost přizpůsobit metody pro automatizovaný import dat do aplikace. Pro zajištění funkčnosti jednotlivých modulů je tak důležité sledovat vývoj všech ostatních produktů na trhu a na případně změny reagovat úpravou zdrojového kódu. Případná implementace nových funkcionalit do systému pak může zasahovat do různých odvětví aplikace, např. rozšíření na různé platformy a mobilní zařízení, která jsou v současné době využívána s větší frekvencí, než pracovní stanice.

Jedním z návrhů možných rozšíření aplikace spočívá ve vytvoření komunikačního rozhraní pro automatickou synchronní komunikaci s diagnostickými a terapeutickými přístroji. V případě synchronizace s mobilní platformou tak mohou být data využita v reálném čase pro další přenos na různá zobrazovací zařízení, např. nositelnou techniku. Vzhledem k dynamickému vývoji glykemické křivky v průběhu dne by tak pacient měl neustálý přehled o aktuální hodnotě glykemie.

Další oblastí možného vývoje je dlouhodobá archivace dat, její následné zpracování a zapojení umělé inteligence do rozhodovacího procesu. Vytvoření učícího se algoritmu může pomoci pacientovi stanovit optimální hodnoty terapeutických dávek vzhledem k okolnostem, které standardně pacient při rozhodovacím procesu zanedbává. Rozšíření může zahrnovat implementace funkcí další techniky, např. snímače pohybové aktivity ve formě fitness náramku či snímač tepové frekvence a vytvoření zpětnovazební smyčky na terapeutické zařízení. Případné využití

všech zmíněných technologií může vést ke vzniku tzv. uzavřené smyčky, která je v oblasti diabetologie velkým tématem. Prakticky však oficiálně na světovém trhu neexistuje zařízení, které by plně dokázalo nahradit lidskou činnost v průběhu léčby. Uzavřená smyčka by v tomto případě měla být schopna v celém rozsahu přebírat kontrolu nad průběhem glykemické křivky a její korekci. V praxi by to znamenalo úpravu dávek inzulínu v závislosti na fyzické aktivitě nebo v případě konzumace stravy s určitým počtem sacharidových výměnných jednotek.

Vzhledem ke konceptu aplikace se v průběhu používání předpokládá neustálé zvyšování množství uživatelských dat. Z programátorského hlediska tak lze systém vyvíjet ve smyslu zlepšení odezvy na jednotlivé úkony, protože v případě výskytu přílišného množství dat dojde k zahlcení systému a nepříjemnému prodloužení doby odezvy. Optimalizaci lze provést různými způsoby, nabízí se např. paralelní zpracování některých úloh takovým způsobem, aby byl efektivně využit výpočetní výkon dané platformy, na které je aplikace spuštěna.

6 Testování v reálném provozu

Kapitola popisuje závěrečnou fázi řešení diplomové práce, kdy byla testována funkčnost vytvořené aplikace patientskými i lékařskými uživateli. Každá zúčastněná osoba vytvořila vlastní uživatelský účet s fiktivními personálními údaji. Situace tak měla simulovat nasazení aplikace v reálném prostředí při léčbě diabetu, kdy pacient shromažďuje data z domácího prostředí. Automatickou synchronizací jsou data přístupna v reálném čase lékařům, kteří taktéž mohou přistoupit k nahlížení dat z prostředí zdravotnického zařízení, ale také z jakéhokoli jiného místa.

6.1 Sběr diagnostických a terapeutických dat

Testování patientské části programového vybavení proběhlo několika vybranými pacienty. Záměrně byli selektováni takovým způsobem, aby výsledná skupina používala vybavení pro léčbu diabetu od několika odlišných výrobců pomůcek. Tento výběr zajistil možnost otestování automatizovaného importu dat do aplikace pro všechny podporované druhy komunikačního protokolu. U každého uživatele proběhla distribuce aktuální verze softwaru a instruktaž, jakým způsobem systém pracuje a jak jej obsluhovat. V závislosti na používaných technologiích pak pacienti mohli dle vlastního uvážení využít také volbu manuálního zadání dat skrze záznamový modul, nebo využít komunikačních rozhraní pro import hodnot. Celková doba testování je u každého uživatele individuální a pohybuje se řádově od několika týdnů záznamů až po měsíce kompletních diagnostických a terapeutických dat. V tabulce č. 3 se nachází anonamizovaný seznam uživatelských účtů.

Podmínkou pro testování všech zúčastněných pacientů bylo zachování anonymity vzhledem k citlivosti zveřejněných dat. Anonymizovaný seznam testujících pacientů, který odpovídá dostupným účtům v aplikaci, je uvedený v následující tabulce:

Tabulka 3: Seznam patientských uživatelských účtů v aplikaci

jméno	přezdívká	heslo	druh dat	období výskytu dat
Mack Bott	Thealwas	piesho1B	glykemie, jídla, inzulin	21.9.2018–31.3.2019
James Rush	Icia1934	C8zah	glykemie, CGM FreeStyle, inzulin	26.12.2018–23.4.2019
Mary Hosford	Hithe1992	ahqui	CGM Medtronic, inz. pumpa	2019
Jody Coleman	Colem75	h6mnR	CGM Dexcom	2018

6.2 Retrospektivní analýza lékařským pracovníkem

Během průběžné aktualizace patientské databáze prováděli oslovení lékaři nahlížení do patientských dat a provedli analýzu průběhu léčby v posledním zvoleném období. Stejně jako v případě pacientů byly v průběhu testování shromažďovány poznatky a návrhy na zlepšení funkčnosti aplikace či uživatelského rozhraní. To vedlo k zavedení nových typů grafů, přednastavených časových

rozptýlů u statistik, evidenci vybraných fyziologických hodnot v rámci laboratorního vyšetření atd. Tyto změny zvyšují přehlednost programu, zavádějí nové metody pro retrospektivní analýzu dat a přináší tak vyhodnocujícímu lékaři pohodlné prostředí pro maximální efektivitu práce.

Vyhodnocující lékaři se ve všech případech zaměřili především na analýzu glykemických hodnot získaných pomocí glukometru nebo CGM. V případě výskytu patofyziologických průběhů pak zkoumali příčinu těchto abnormalit. Zpravidla se tak jednalo o analýzu kompletní časové řady v denní statistice, kde porovnávali časy konzumovaných sacharidů, které by měly vzájemně korelovat s časy aplikovaných inzulinů nebo jinou medikací. Určitá úměra také musí být mezi poměrem velikosti aplikovaného inzulinu k obsahu sacharidů v konzumovaných potravinách. Patofyziologické stavy zpravidla vycházejí z chyb ve stanovení dávky inzulinu pacientem, výpočtu obsahu sacharidů v potravinách nebo různých technických chyb. Snahou lékaře je zamezit vzniku totožné chyby během následující léčby a korigovat tak celkovou kompenzaci diabetu. V konečném důsledku se tak především snaží předcházet akutním a chronickým komplikacím diabetu, které v případě dekompenzace hrozí každému pacientovi.

Jednotlivé vyjádření testujících lékařů ve formě zpráv se nachází v přílohách. Obdobně, jako v patientském testování, měl každý lékař vytvořen vlastní anonymní uživatelský profil (viz tab. 4). Lékařům byli přiřazeni náhodní pacienti, přičemž k ostatním lékař neměl udělen přístup. Seznam anonymizovaných lékařských profilů je uveden v tabulce:

Tabulka 4: Seznam lékařských uživatelských účtů v aplikaci

jméno	přezdívka	heslo	nahlížení na pacienty
Lucy Sykes	Sykes1970	abc123	Mack Bott, James Rush, Mary Hosford
John Stith	Thernon	oJ1o	James Rush, Mary Hosford
Lorraine Phillips	Lorraine1	neiRe0	Jody Coleman

Tabulka 5: Přístupový Dropbox klíč ke cloudu

Dropbox klíč
Oay5AiqY7wAAAAAAAAAAD6_SXN99vpjWXHpF9tYJ_4ghC1YBLWjVVjjVXbRvAuGn

6.3 Výsledky testování

Strukturu perzistentní vrstvy aplikace nebylo možno v průběhu testování již jakýmkoliv způsobem měnit, protože by byla ohrožena kompatibilita s různými verzemi programu. Během celého průběhu však byli testovací uživatelé pravidelně kontaktováni za účelem shromáždění chyb a kolizí vzniklých během používání programu. Do struktury grafického uživatelského rozhraní a aplikační vrstvy tak bylo během celého procesu mnohokrát zasazeno. Postupně tak přibývaly funkce, které usnadní práci s aplikací, a to nehledě na využívané uživatelské roli. Změny se tý-

kaly především grafického rozhraní prezentace dat, aby zobrazované informace měly co největší vypovídající hodnotu pro uživatele. Každý uživatel však vnímá dané prostředí odlišným způsobem, proto byl zvolen kompromis vzhledem ke všem požadavkům. Tuto problematiku lze vyřešit nabídkou různých grafických stylů a prostředí, což může být námětem na další vývoj systému. S každou novou implementací pak vznikaly nové verze systému, které byly všem zúčastněným testovacím osobám průběžně dodávány.

Často byl v průběhu testování využíván modul sloužící pro obousměrnou komunikaci mezi lékařem a pacientem. V obsahu zprávy pacienti zanechávali dodatečné informace k poskytnutým datům, případně dotazy ke konkrétním problémům, jenž mohou s lékaři řešit. Vyhodnocující pracovníci tak mohli být předem upozorněni na přesné datum, kde se vyskytly abnormální průběhy léčby. Oblast zájmu k vyhodnocení dat pak směřovala především do časové oblasti tohoto výskytu. Lékaři tak nemuseli procházet zdoluhavým procesem analýzy každého jednotlivého dne, který by byl pracný a zdoluhavý. Výsledky analýzy a rozhodnutí v provedení změny léčebného režimu pak mohli zpětným způsobem sdělit pacientovi přes komunikační modul. Pacienti tak mohli několikrát upravovat režim praktický ihned a bez nutných fyzických návštěv diabetologické ambulance, jejichž intervaly jsou v rozmezí minimálně tří měsíců.

Z průběhu testování vyplývá, že oběma zúčastněným stranám vyhovuje koncept telemedicínského přístupu k datům, který je rychlý a lze provést z neomezeného počtu pracovních stanic. Přestože byla průměrná délka onemocnění testovacích pacientů téměř 15 let, někteří uživatelé také využívali funkcí edukačních modulů, což vedlo k získání dalších zkušeností vedoucí k zabezpečení lepší kompenzace diabetu.

7 Závěr

V průběhu řešení diplomové práce byla nastudována problematika léčby diabetes mellitus a její souvislost s patofyziologickými chronickými komplikacemi. Bylo také nutné nastudovat problematiku vývoje aplikací v programovacím jazyce Java. Úspěšnost léčby diabetu je ve spoustě případech ovlivněna různými faktory, mezi které patří dostupnost technických prostředků, nárok na jejich předeepsání nebo ochota samotného pacienta spolupracovat s ošetřujícím personálem. Cílem je dosažení vyrovnaných průběhů glykemických křivek ve fyziologickém rozmezí. Léčba tak obnáší zavedení dietního režimu a pravidelnou aplikaci medikamentů. Pacient tak přichází do pravidelného styku s technickými prostředky, které mohou svým programovým vybavením a dalšími vlastnostmi pomoci řešit situace náročné na správné vyhodnocení v rozhodovacím procesu. Technická vyspělost prostředků tak může výrazně usnadnit pacientům práci a zvýšit přesnost odhadu léčby.

Při návrhu a realizaci diplomové práce jsem splnil body zadání v části teoretického rozboru a vybavení aplikačních funkcionalit při realizaci praktické části práce. Následné nasazení v diabetologických ambulancích při reálném provozu prověřilo schopnost vytvořeného prostředí pracovat s reálnými diagnostickými a terapeutickými daty. Ve spolupráci s lékařskými pracovníky byly testovány jednotlivé funkce pro retrospektivní analýzu dat a zhodnocení přínos během procesu vyhodnocení léčebného režimu pacienta. Vhodně prezentovaná data mohou sloužit v rozhodnutí o změně léčby takovým způsobem, který v konečném důsledku přinese pacientovi zlepšení kompenzace diabetu. Činnost zpětné analýzy dat je důležitá pro předcházení chronických komplikací, které činí diabetes mellitus onemocněním s vysokou mírou morbidit a mortalit. Snahou pacientů i lékařů je zamezení vzniku sekundárních komplikací a zachování kvality života na co nejvyšší úrovni.

Každý z lékařů přispěl svými návrhy na zlepšení funkčnosti aplikace. Velká část těchto požadavků byla zapracována do programového vybavení již v průběhu testování, mnoho návrhů však zůstává jako možnost případného pokračování ve vývoji. Shoda všech zúčastněných uživatelů spočívá v požadavku na vytvoření aplikace ve verzi pro mobilní platformy, ve které by byla totožná aplikační a perzistentní vrstva s využitím totožných dat. Pacientská část uživatelů upřednostňuje zejména plně automatizovaný import dat mezi zdravotnickými prostředky a aplikací v reálném čase.

Vypracování diplomové práce mne obohatilo mnoha novými zkušenostmi v oblasti diabetologie a programovacích jazyků. Vzhledem k rostoucí tendenci výskytu diabetu ve světě vidím velký potenciál v propojení technických a medicínských oborů za účelem zajištění kvalitní péče a vzniku nových léčebných prostředků.

Literatura

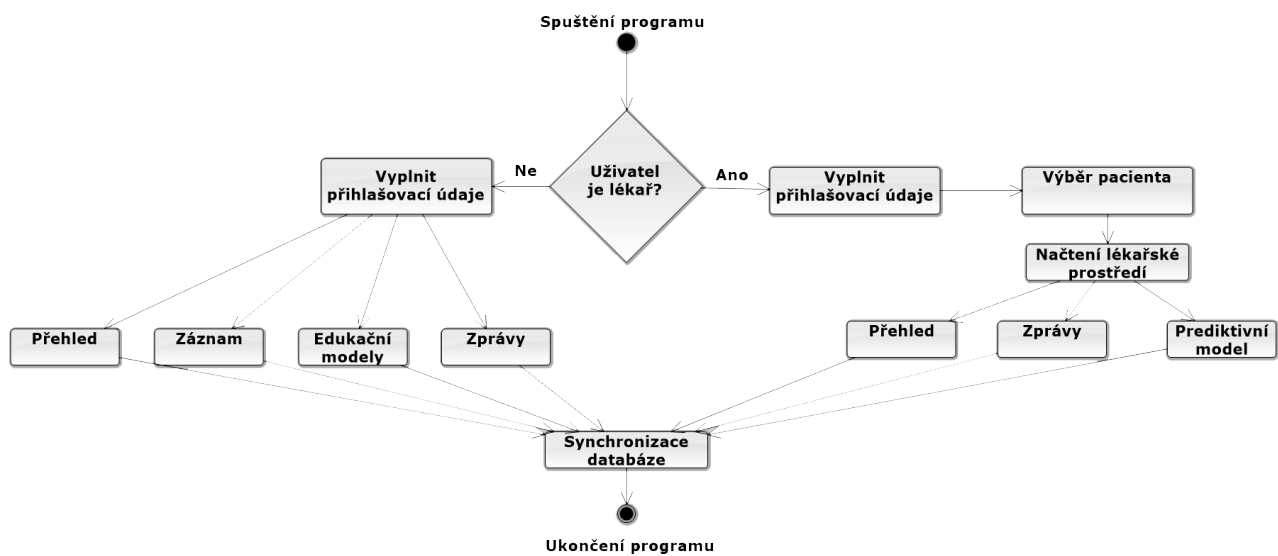
- [1] HARDING, Jessica L., Meda E. PAVKOV, Dianna J. MAGLIANO, Jonathan E. SHAW a Edward W. GREGG. Global trends in diabetes complications: a review of current evidence. *Diabetologia* [online]. 2019, 62(1), 3-16 [cit. 2019-01-11]. DOI: 10.1007/s00125-018-4711-2. ISSN 0012-186X. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00125-018-4711-2>
- [2] CREANZA, Annalisa, Roberta LUPOLI, Erminia LEMBO, et al. Glycemic control and microvascular complications in adults with type 1 diabetes and long-lasting treated celiac disease: A case-control study. *Diabetes Research and Clinical Practice* [online]. 2018, 143, 282-287 [cit. 2019-01-11]. DOI: 10.1016/j.diabres.2018.07.031. ISSN 01688227. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168822718305953>
- [3] D'ANNUNZIO, Giuseppe, Andrea BECCARIA, Angela PISTORIO, Enrico VERRINA, Nicola MINUTO, Roberto PONTREMOLI, Alberto LA VALLE a Mohamad MAGHNIE. Predictors of renal complications in pediatric patients with type 1 diabetes mellitus: A prospective cohort study. *Journal of Diabetes and its Complications* [online]. 2018, 32(10), 955-960 [cit. 2019-01-12]. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2018.02.007. ISSN 10568727. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1056872717312758>
- [4] ECHOUFFO-TCHEUGUI, Justin B., Shubin SHENG, Adam D. DEVORE, et al. Glycated Hemoglobin and Outcomes of Heart Failure (from Get With the Guidelines-Heart Failure). *The American Journal of Cardiology* [online]. 2019, 123(4), 618-626 [cit. 2019-01-12]. DOI: 10.1016/j.amjcard.2018.11.023. ISSN 00029149. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002914918321040>
- [5] HERMAN, William H., Barbara H. BRAFFETT, Shihchen KUO, Joyce M. LEE, Michael BRANDLE, Alan M. JACOBSON, Lisa A. PROSSER a John M. LACHIN. The 30-year cost-effectiveness of alternative strategies to achieve excellent glycemic control in type 1 diabetes: An economic simulation informed by the results of the diabetes control and complications trial/epidemiology of diabetes interventions and complications (DCCT/EDIC). *Journal of Diabetes and its Complications* [online]. 2018, 32(10), 934-939 [cit. 2019-01-15]. DOI: 10.1016/j.jdiacomp.2018.06.005. ISSN 10568727. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1056872718306305>
- [6] XU, Timothy, Shreya PUJARA, Sarah SUTTON a Mary RHEE. Telemedicine in the Management of Type 1 Diabetes. *Preventing Chronic Disease* [online]. 2018, 15 [cit. 2019-01-11]. DOI: 10.5888/pcd15.170168. ISSN 1545-1151. Dostupné z: http://www.cdc.gov/pcd/issues/2018/17_0168.htm

- [7] LEE, Shaun W. H., Leanne OOI a Yin K. LAI. Telemedicine for the Management of Glycemic Control and Clinical Outcomes of Type 1 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Studies. *Frontiers in Pharmacology* [online]. 2017, 8 [cit. 2019-01-28]. DOI: 10.3389/fphar.2017.00330. ISSN 1663-9812. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphar.2017.00330/full>
- [8] ČIHÁK, Radomír a GRIM, Miloš. *Anatomie 2*. Třetí, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4788-0.
- [9] MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-3918-2.
- [10] SILBERNAGL, Stefan a Agamemnon DESPOPOULOS. *Atlas fyziologie člověka: překlad 8. německého vydání*. 4. české vydání. Přeložili Kateřina JANDOVÁ, Miloš LANGMEIER, Otomar KITTNAR, Eduard KURIŠČÁK, Pavla MLČKOVÁ, Martina NEDBALOVÁ, Vladimír RILJAK, Michal WITTNER. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-4271-7.
- [11] SILBERNAGL, Stefan a Florian LANG. *Atlas patofyziologie*. 2. české vydání. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-3555-9.
- [12] McPhee, Stephen J., Gary D. Hammer a Yeong Kwok. *Pathophysiology of disease: An introduction to clinical medicine* 8th edition. New York, N.Y.: McGraw-Hill Education LLC, 2019. ISBN 978-1-260-02650-4
- [13] HULÍN, Ivan. *Patofyziológia*. 7. preprac. a dopl. vydanie. Bratislava: Slovak Academic Press, 2009. ISBN 978-80-8095-043-9.
- [14] Columbia University Irving Medical Center: Columbia Surgery. *The pancreas center; diagnosis, prevention and treatment of pancreatic conditions*. New York, 2016.
- [15] LAZARCHICK, John. American Society of Hematology: Image bank. *Langerhans cell histiocytosis* Washington, D.C., 2011.
- [16] BOUČEK, Petr. *Farmakoterapie pro praxi. Diabetická nefropatie: průvodce ošetřujícího lékaře*. Praha: Maxdorf, 2011. ISBN 978-80-7345-246-9.
- [17] RYCHLÍK, Ivan a Vladimír TESAŘ, ed. *Horizonty diabetologie. Onemocnění ledvin u diabetes mellitus*. Praha: Tigris, 2005. ISBN 80-900130-9-0.
- [18] AMBLER, Zdeněk. *Neurologie pro praxi: Diabetická neuropatie*. 13. supplement. Olomouc: Solen, 2012. ISBN 978-80-87327-97-5.
- [19] STUBBLEFIELD, Michael D., Harold J. BURSTEIN, Allen W. BURTON, et al. *Journal of the National Comprehensive Cancer Network: JNCCN*. Volume 7 Supplement 5. Sudbury, MA: Jones and Bartlett Publishers, 2009. ISSN 1540-1405.

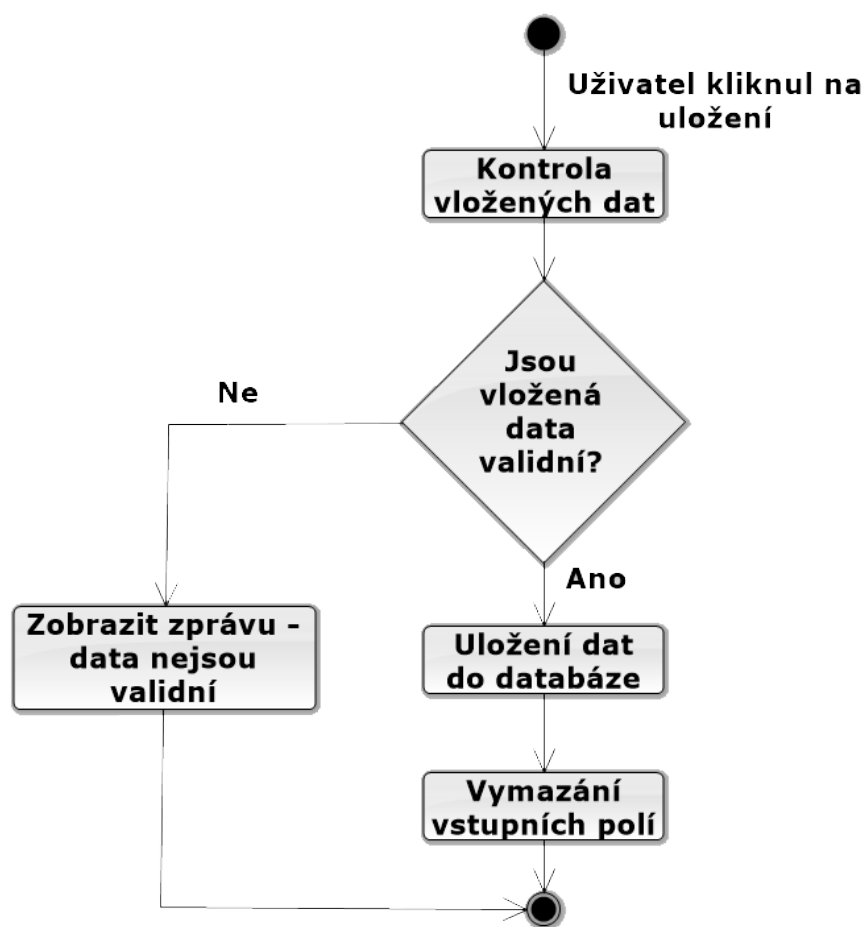
- [20] SOSNA, Tomáš. *Diabetická retinopatie: diagnostika, prevence, léčba*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Axonite CZ, 2016. Medicinae peritus. ISBN 978-80-88046-05-9.
- [21] Mayo Clinic proceedings: *Diabetic retinopathy*. Rochester: Mayo Foundation for Medical Education and Research, 2018. ISSN 0025-6196.
- [22] LEBL, Jan, Štěpánka PRŮHOVÁ a Zdeněk ŠUMNÍK. *Abeceda diabetu: příručka pro děti a mladé dospělé, kteří chtějí o diabetu vědět víc*. 5. rozšířené a přepracované vydání. Praha: Maxdorf, 2018. ISBN 978-80-7345-582-8.
- [23] PELIKÁNOVÁ, Terezie a Vladimír BARTOŠ. *Praktická diabetologie*. 6. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Maxdorf, 2018. Jessenius. ISBN 978-80-7345-559-0.
- [24] Pearson Education, Inc. *Benjamin Cummings*. One Lake Street, Upper Saddle River, NJ 07458, 2004. Dostupné z: <https://diabetesmellitustype2.weebly.com/>
- [25] TEUSCHER, Arthur. *Insulin: a voice for choice*. New York: Karger, 2007. ISBN 978-3-8055-8353-4.
- [26] *Diabetes Self Caring; What Are The Different Types Of Insulin?* 2019. Dostupné z: <http://www.diabetesselfcaring.com/>
- [27] Medtronic MiniMed, Inc. 18000 Devonshire Street, Northridge, 2019. Dostupné z: <https://www.medtronicdiabetes.com/>
- [28] Abbott Diabetes Care, Inc. Praha, Česká republika, 2019. Dostupné z: <https://www.abbottdiabetescare.cz/>
- [29] A.IMPORT.CZ spol. s r.o. Praha, Česká republika, 2019. Dostupné z: <https://www.dexcom.com/cs-CZ>
- [30] Novo Nordisk Inc. 800 Scudders Mill Road, Plainsboro, USA, 2019. Dostupné z: <https://www.novonordisk.com/>
- [31] Ypsomed s.r.o. *mylife Diabetescare*. Praha, Česká republika, 2019. Dostupné z: <https://www.mylife-diabetescare.com/cs-CZ/>
- [32] Všeobecná zdravotní pojišťovna České republiky. Praha, Česká republika, 2019. Dostupné z: <https://www.vzp.cz/>
- [33] Svaz zdravotních pojišťoven České republiky. Praha, Česká republika, 2019. Dostupné z: <http://szpocr.cz/>
- [34] STŘEDA, Leoš a Karel HÁNA. *eHealth a telemedicína: učebnice pro vysoké školy*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5764-3.

- [35] GRINEV, Sergey. *Mastering JavaFX 10: Build advanced and visually stunning Java applications*. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing Limited, 2018. ISBN 9781788293822.
- [36] TAMAN, Mohamed. *JavaFX Essentials*. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing Limited, 2015. ISBN 9781784398026.
- [37] EVANS, Ben, FLANAGAN, David. *Java in a Nutshell*. 7th edition. O'Reilly Media, Inc, USA, 2018. ISBN: 9781492037255.
- [38] ECKEL, Bruce. *Thinking in Java*. 4th edition. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 2006. ISBN 9780131872486.
- [39] ZUKOWSKI, John. *Java Collections*. Apress, New York, USA, 2001. ISBN 9781893115927.

A Schéma funkcí v aplikaci

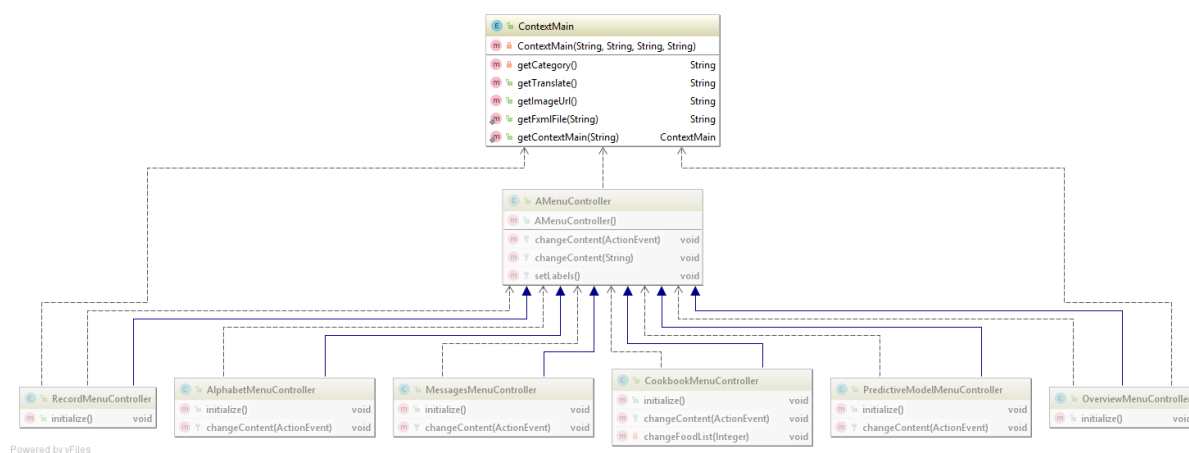


Obrázek 21: Schématické znázornění prostředí v aplikaci

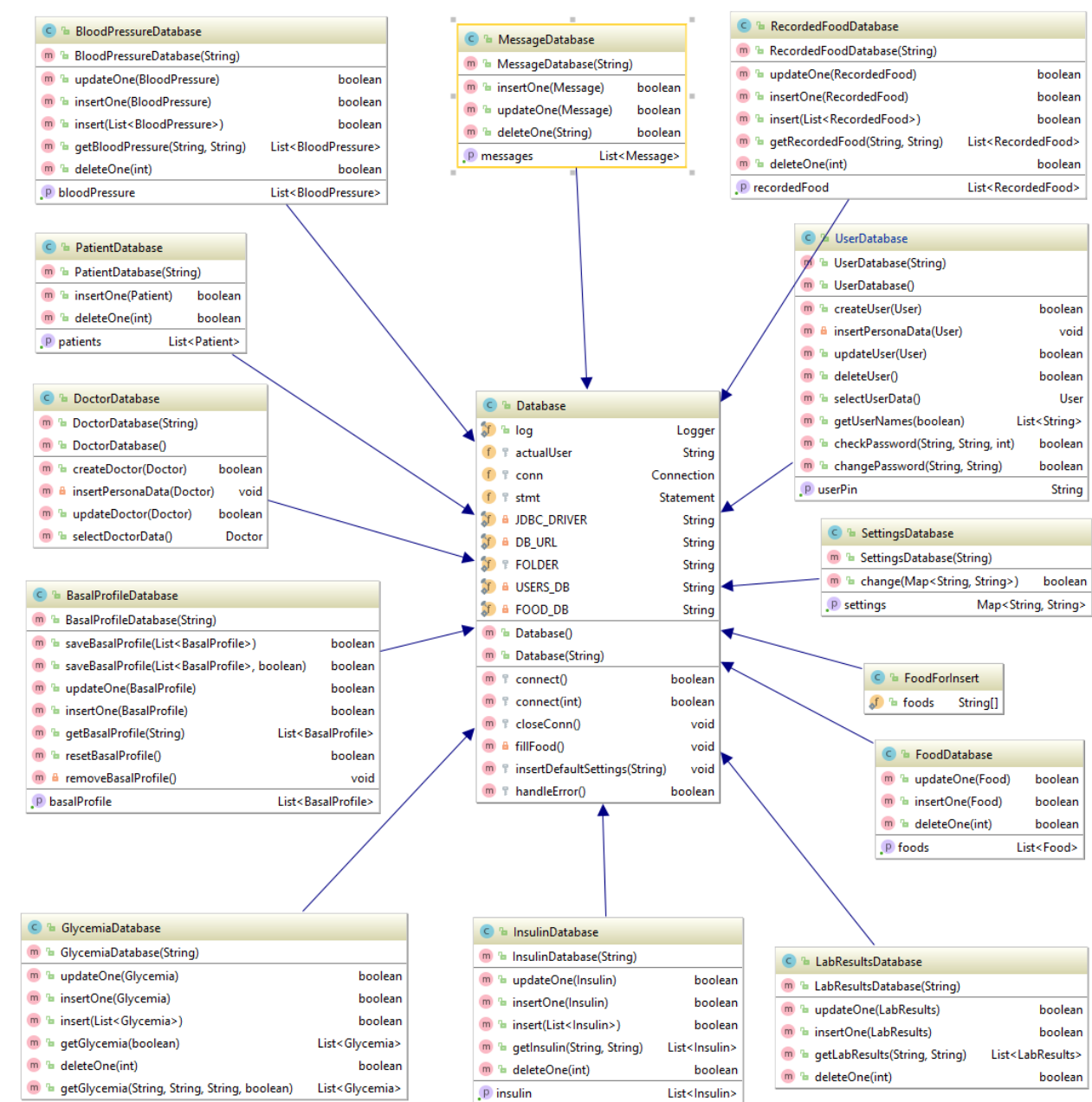


Obrázek 22: Vývojový diagram uložení dat do databáze

B Třídní diagramy



Obrázek 23: Diagram tříd vykreslení hlavního okna



Obrázek 24: Databázový třídní diagram

C Testování lékařů v reálném provozu

Byla jsem seznámena s programovým vybavením DiaCareTel.

Grafické zpracování dat je názorné, srozumitelné, dobře vyhodnotitelné vzhledem k úpravě léčby diabetika.

Program zahrnuje stěžejní data / glykémie, dávky inzulínu, strava, laboratorní hodnoty, krevní tlak/ což jsou údaje důležité pro správné vedení léčby a minimalizaci komplikací spojených s onemocněním.

Ovládání aplikace je intuitivní, snadné, přehledné.

Testování proběhlo na reálných datech anonymních pacientů.

Studentův přístup byl aktivní, odborný, je velmi dobře orientován v dané problematice.

Předložený koncept se jeví jako velmi přínosný pro využití v reálném prostředí.

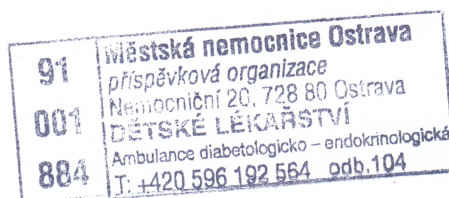
V Ostravě dne 24.4.2019

MUDr. Naděžda Filáková

Dětská diabetologická a endokrinologická ambulance

Dětské lékařství

Městská nemocnice Ostrava



Obrázek 25: Městská nemocnice Ostrava, Dětská diabetologicko–endokrinologická ambulance

Program DiaCareTel

S uvedeným programem jsem byl seznámen panem Petrem Romanem.

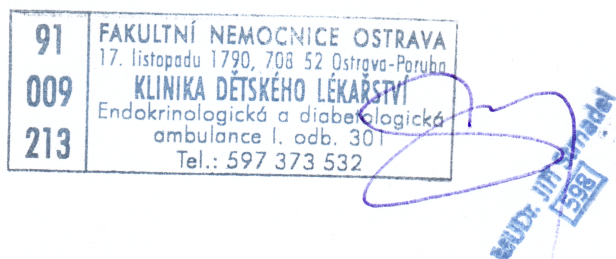
Pan Roman byl zde na několika konzultacích, kdy jsem mu dával pro diabetologa vhodné návrhy k zapracování, které pak byly i zapracovány.

Osobně se mi líbí grafické prostředí, zejména pak grafické znázornění výsledků. Neboť používám statistická zpracování z glukometru, líbí se mi boxplot, který bude vhodné doplnit ještě i vysvětlivkami. Oceňuji i možnost znázornění jednotlivých součástí léčby inzulínovou pumpou na jedné stránce. Dobré je použití obvyklých barev pro znázornění hyperglykemie, normoglykemie, hypoglykemie.

Komunikační modul má zpětnou vazbu, což je také důležité. Dobrou funkcí pro pacienta je rovněž závěr s tím, jakou má kompenzaci. Oceňuji rovněž zabezpečení šifrováním dat.

Do budoucna by byla dobrá schopnost realtime připojení systému. Neboť u jiných již mnou vyzkoušených telemetrických systémech jsem ocenil alarmová hlášení hyper či hypoglykemie dle uživatelského, lékařského nastavení.

V Ostravě 29.4.2019



Obrázek 26: Fakultní nemocnice Ostrava, Klinika dětského lékařství

Byl jsem požádán Bc. Petrem Romanem o spolupráci a následné hodnocení diplomové práci na téma telemedicínského systému pro diabetiky DiaCareTel. Vzhledem ke svým mnohaletým zkušenostem jakožto pacient s diabetem 1. typu (od srpna 1996) jsem této příležitosti velmi rád využil. Navíc jsem byl požádán i o názor jakožto lékař, zda si myslím, že tento systém může mít vliv na individualizaci léčby, zlepšit komunikaci pacient-lékař, případně mít vliv na kompenzaci pacienta a z toho plynoucí minimalizaci rizika dlouhodobých komplikací spojených s diabetem. Ačkoliv mým oborem není ani interní lékařství, natož endokrinologie a diabetologie, s pacienty s diabetem se setkávám denně a programy podobného typu můžou napomoci jak v předoperační přípravě pacientů, tak i s kompenzací jejich stavu při pobytu v nemocnici a tím urychlit jejich případnou rekonvalescenci. V rámci hodnocení jsme se opakovaně setkali, pokaždé s jiným účelem. Při prvním setkání mi byla představena samotná vize programu, princip fungování. Dále mi byl udělen patientský přístup a já systém začal využívat jako pacient. Při dalším setkání jsem obdržel také doktorský přístup, kde jsem mohl hodnotit nejen svoje výsledky, ale i nahrané výsledky ostatních. Při posledním setkání jsme již probrali výhody a nevýhody systému, co by bylo lepší změnit nebo dodělat a samozřejmě i s komentářem, že některé funkce byly navíc. V následujících odstavcích se proto zaměřím na tyto hodnocení zvlášť, a to jak z pohledu pacienta, tak z pohledu lékaře.

Z pozice pacienta nebudu hodnotit věci typu uživatelského rozhraní, neboť toto jsou z velké části subjektivní záležitosti. Chtěl bych se zaměřit primárně na dvě věci – jednoduchost a konektivita. Velmi oceňuji jednoduchost zadávání jednotlivých položek do historie, ať se jedná o glykémie, bolusy inzulínu, množství a druh jídla. Druhou největší předností je možnost propojit data z nejrůznějších zdrojů. Vzhledem k množství dnes užívaným glukometrů, systému CGM, kdy většina diabetiků vlastní a používá přístroje různých výrobců, je toto s výhodou proti oficiálním systémům podobného typu, které pracují pouze s jedním druhem glukometrů (např. CareLink). Další výbornou věcí je integrace výsledků laboratorních hodnot a možnost sledování jejich vývoje. To se netýká pouze hodnot glykovaného hemoglobinu, ale také hodnot celkového cholesterolu, HDL, LDL cholesterolu, neboť diabetici, jako skupina pacientů, jsou riziková z hlediska kardiiovaskulárních komplikací typu ischemické cévní mozkové příhody, akutního koronární syndromu, který může vést i k náhlému úmrtí pacienta. Samozřejmě všechny tyto informace mají význam pouze pro pacienty, kteří mají vůli se sebou něco dělat a nespolehat na svého diabetologa že je ze všeho dostane. Abychom pouze nechválili, je také několik věcí, na kterých by se do budoucna mělo zapracovat. V první řadě je to rozšíření portfolia kompatibilních zařízení. To bylo rovněž probráno na našich sezeních, a byl jsem ujištěn, že to jde v podstatě „na požádání“. Další věcí by bylo rozšíření jídelníčku a statistiky jednotlivých pokrmů nejen ze strany množství sacharidů, ale také množství bílkovin a tuků. Tyto informace mají svůj význam v korelaci s výsledky laboratorních odběrů (viz. výše), případně při úpravě životosprávy a hmotnosti. Poslední, spíše přání než připomínka, by byla mobilní verze, která by značně zjednodušila zadávání údajů během dne.

Z hlediska lékaře za největší benefit vidím možnost real-time komunikace a sledování změn v terapii pacienta, případně konzultace ohledně jednotlivých problémů. Obzvláště v nově vzniklých životních situacích – stres, nemoc, úraz, hormonální změny – může být pro pacienty problém udržet kompenzaci v uspokojivých hodnotách. V těchto situacích je právě konzultace s lékařem obzvláště

MUDr. Radan Swaczyna
Fakultní nemocnice Ostrava
Tel. kontakt: +420 724 265 011
Email kontakt: radan.swaczyna@fno.cz

důležitá, a pokud bude mít lékař k dispozici všechny data, může úprava léčby být nejen rychlá, ale hlavně správná. Navíc v době existence e-receptů se naskytuje možnost tyto recepty takto posílat.

Posledních pár slov závěrem. Program uživatelsky jednoduchý, s možností sjednocení dat z více zdrojů. Možnost sledování historie nejen samotné glykémie nebo glykovaného hemoglobinu, ale i dalších hodnot, které mohou poukazovat na blížící se komplikace, ať primárně spojené s diabetem (mikroangiopatie, neuropatie) nebo sekundárně vzniknuté (makroangiopatie). Program jako takový má jistě kam se posouvat ve vývoji, ale spíše v horizontu typu „closed-loop“ (nezávislý systém měření glykémie a dávkování inzulínu), což je v současnosti předmět vývoje největších farmaceutických firem na světě, tudíž srovnávat tyto věci nelze. Každopádně pokud by se tento program stal zlatým standardem léčby diabetika, ušetřily by se pacienti před komplikacemi, rodiny diabetiků před péčí o postiženého člena rodiny a v neposlední řadě by se ušetřily značné finanční prostředky, které jsou dennodenně vynakládány na léčbu těchto komplikací. Nezbyvá ale si připomenout, že sebelepší systém nemůže fungovat bez vůle pacienta se sebou něco dělat.

V Ostravě dne 28.4.2019

FAKULTNÍ NEMOCNICE OSTRAVA
KLINIKA ANESTEZIOLOGIE, RESUSCITACE A INTENZIVNÍ MEDICINY
17. listopadu 1790/708
MUDr. Radan Swaczyna
1399
Ostrava - Poruba

Obrázek 27: Fakultní nemocnice Ostrava, Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny